

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE PLANTAS NUEVAS EN LA REFINERÍA DE CARTAGENA

Agosto de 2008

TABLA DE CONTENIDO

pag.

RESUMEN EJECUTIVO. 23

1 GENERALIDADES SOBRE LA REFINERÍA DE CARTAGENA Y LA ESTRUCTURACIÓN DEL PROYECTO DE MODERNIZACIÓN 36

1.1 Introducción 36

1.2 Objetivos 38

1.3 Antecedentes al EIA – modificación de la licencia ambiental 39

1.4 Alcances del estudio de impacto ambiental 62

1.5 Metodología para el EIA 64

2 DESCRIPCION DEL PROYECTO 69

2.1 Localización 69

2.2 Características del proyecto 70

2.2.1 Acceso al área del proyecto 81

2.2.1.1 Accesos existentes 82

2.2.1.2 Nuevos Accesos 82

2.2.2 Instalaciones Industriales 83

2.2.2.1 Etapa de construcción 83

2.2.2.2 Etapa de Operación 91

2.2.3 Valor de la inversión del proyecto 138

3 CARACTERIZACION DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO 144

3.1 Áreas de influencia directa e indirecta 144

3.1.1 Área de influencia directa (AID) 144
3.1.2 Área de influencia indirecta (AII) 146
3.2 Medio abiótico. 147
3.2.1 Geología 147
3.2.1.1 Amenaza sísmica 147
3.2.2 Geomorfología 154
3.2.3 Suelos 156
3.2.4 Hidrología 165
3.2.4.1 Características Geomorfológicas regionales 165
3.2.4.2 Condiciones hidrodinámicas 166
3.2.4.3 Régimen sedimentario 170
3.2.4.4 Fuentes de contaminación de la bahía. 172
3.2.5 Calidad del agua. 179
3.2.5.1 Bahía de Cartagena 179
3.2.5.2 Acuífero 212
3.2.5.3 Calidad ambiental de los sedimentos de la Bahía 217
3.2.6 Usos del agua 227
3.2.7 Hidrogeología 228
3.2.8 Geotecnia 228
3.2.9 Atmósfera 228
3.2.9.1 Clima 228
3.2.9.2 Régimen de los vientos 229

3.2.9.3 Calidad del aire. 233

3.2.9.4 Ruido. 241

3.3 Medio biótico 245

3.3.1 Ecosistemas terrestres 245

3.3.1.1 Flora 245

3.3.2 Ecosistemas acuáticos 248

3.3.2.1 Estado de la fauna bentónica y pelágica representativa de la Bahía de Cartagena 248

3.3.2.2 Monitoreo comunidad de fondos blandos 249

3.3.2.3 Monitoreo de las comunidades de peces de la Bahía de Cartagena 277

3.3.2.4 Monitoreo de la comunidades zooplanctónicas de la Bahía de Cartagena. 323

3.4 Medio socioeconómico 362

3.4.1 Lineamientos de participación 362

3.4.2 Dimensión demográfica 364

3.4.3 Dimensión económica 396

3.4.4 Dimensión cultural 419

3.4.5 Aspectos arqueológicos 423

3.4.6 Dimensión político-organizativa 445

3.4.6.1 Aspectos políticos 445

3.4.6.2 Presencia institucional y organización comunitaria 447

3.4.7 Tendencias del desarrollo 449

3.4.8 Información sobre población a reasentar 456

LISTA DE ANEXOS

pag.

ANEXO 0-1 *Configuración futura de la Refinería de Cartagena S.A. – REFICAR – 2012* *458*
ANEXO 0-2 *Cronograma de actividades del proyecto de actualización y modernización de la Refinería de Cartagena S.A.* *459*
ANEXO 3-1 *Acuerdo No 033 del 03 de octubre de 2007* *460*
ANEXO 3-2 *Resultados del estudio de suelos.* *468*
ANEXO 3-3 *Registro diario de las principales variables meteorológicas para el periodo de calidad del aire.* *492*
ANEXO 3-4 *Resultados de análisis de los parámetros de calidad del aire*..... *504*
ANEXO 3-5 *Resumen de los principales datos meteorológicos durante los días de monitoreo de ruido ambiental.* *533*
ANEXO 3-6 *Certificados de calibración de los equipos de medición de ruido*..... *539*
ANEXO 3-7 *Documentación y registro del cumplimiento de las obligaciones de la Licencia Ambiental vigente.* *553*
ANEXO 3-8 *Material de registro y actas respectivas de la socialización del proyecto.*..... *716*
ANEXO 3-9 *Licencia de Estudio Arqueológico No 915.* *744*
ANEXO 3-10 *Inventario arqueológico.* *745*

LISTA DE FIGURAS

pag.

Figura 1-1 *Evolución histórica de la Refinería de Cartagena* *38*
Figura 1-2 *Diagrama metodológico para la elaboración del EIA* *65*
Figura 2-1 *Localización del proyecto de REFICAR* *69*
Figura 2-2 *Fotografías de la Refinería de Cartagena* *73*
Figura 2-3 *Organigrama actual para la operación de la Refinería de Cartagena S.A.* *80*
Figura 2-4 *Organigrama actual de la operación de la Refinería de Cartagena S.A. a cargo de ECOPETROL S.A.* *81*
Figura 2-5 *Diagrama del personal necesario a lo largo de la construcción del proyecto* *90*
Figura 2-6 *Configuración actual de la Refinería de Cartagena* *92*
Figura 2-7 *Diagrama de una unidad típica de destilación primaria* *93*
Figura 2-8 *Diagrama de una unidad típica de destilación al vacío* *93*
Figura 2-9 *Diagrama de una unidad típica de hidrocraqueo en una sola etapa con reciclo* *95*
Figura 2-10 *Diagrama de una planta típica de amina* *97*
Figura 2-11 *Diagrama de una planta típica de recuperación de Azufre* *97*
Figura 2-12 *Configuración futura de la Refinería de Cartagena* *104*
Figura 2-13 *Balance de masa global de la nueva configuración de la Refinería de Cartagena* *105*
Figura 2-14 *Diagrama de corrientes con dos unidades de destilación atmosféricas (existente y nueva)* *107*
Figura 2-15 *Diagrama de corrientes de las dos unidades de destilación al vacío (existente y nueva)* *107*
Figura 2-16 *Diagrama de corrientes de las nuevas unidades de hidrodesulfuración* *109*
Figura 2-17 *Diagrama de flujo una unidad típica de hidrodesulfuración* *110*
Figura 2-18 *Diagrama de corrientes de la nueva configuración de la unidad de hidrotratamiento de nafta* *111*
Figura 2-19 *Diagrama de corrientes de la nueva unidad de reformado catalítico continuo* *112*
Figura 2-20 *Diagrama de flujo de una típica unidad de reformado catalítico continuo* *113*
Figura 2-21 *Diagrama de corriente de la nueva unidad de BenzOut* *113*
Figura 2-22 *Sistema de la oxidación Mercaptano del queroseno - MERICAT II* *114*
Figura 2-23 *Diagrama de corrientes de la nueva unidad de Kero Merichem* *115*
Figura 2-24 *Diagrama de corrientes de la unidad de hidrocraqueo con ampliación* *115*
Figura 2-25 *Diagrama de flujo de una típica unidad de craqueo catalítico en lecho fluidizado* *116*
Figura 2-26 *Diagrama de corrientes de la futura unidad de craqueo catalítico en lecho fluidizado* *117*
Figura 2-27 *Diagrama de proceso de una típica unidad CDTech®* *118*
Figura 2-28 *Diagrama de corrientes de la nueva unidad de hidrodesulfuración de la nafta de la FCC en la Refinería de Cartagena (CDTech®)* *119*
Figura 2-29 *Diagrama de corrientes de la futura unidad de coquización retardada* *119*
Figura 2-30 *Diagrama de flujo de una típica planta de coquización retardada* *120*
Figura 2-31 *Diagrama de corrientes de la nueva unidad de alquilación* *121*
Figura 2-32 *Diagrama de flujo de una típica planta de alquilación con ácido fluorhídrico* *123*

Figura 2-33 *Diagrama de corrientes de la nueva unidad de isomerización C4 (Butamer) de la Refinería de Cartagena* ... 123
Figura 2-34 *Diagrama de corrientes en la nueva configuración de la unidad de preparación de -gasolina* ... 124
Figura 2-35 *Diagrama de corrientes de la nueva configuración de la unidad de producción de diesel/queroseno* ... 124
Figura 2-36 *Diagrama de corrientes de la nueva configuración de la unidad de producción de propano/propileno* ... 125
Figura 2-37 *Diagrama de corrientes de la nueva unidad de purificación de Hidrógeno - PSA* ... 125
Figura 2-38 *Diagrama de flujo de una típica unidad de producción de Hidrógeno mediante steam reforming* ... 127
Figura 2-39 *Diagrama de corrientes de la nueva unidad de generación de Hidrógeno (PSA)* ... 127
Figura 2-40 *Diagrama de proceso, corriente líquida, de la nueva unidad de saturación de gas* ... 128
Figura 2-41 *Diagrama de una planta de saturación de gas* ... 129
Figura 2-42 *Diagrama de corrientes del mezclador de gas combustible para consumo interno* ... 129
Figura 2-43 *Esquema de un Sistema de Antorcha en Refinería* ... 133
Figura 2-44 *Esquema de generación de vapor en la nueva configuración de la Refinería* ... 136
Figura 2-45 *Distribución de la inversión según componentes* ... 138
Figura 3-1 *Área de influencia directa (AID) del proyecto* ... 145
Figura 3-2 *Mapa de riesgo sísmico para Colombia* ... 149
Figura 3-3 *Curva Tipo 9 de Resistividad Eléctrica del Suelo* ... 153
Figura 3-4 *Representación tridimensional del área montañosa cercana al proyecto* ... 155
Figura 3-5 *Diagrama de contorno de la topografía del área cercana al proyecto* ... 156
Figura 3-6 *Usos del suelo de la zona de interés, parte del mapa del POT de Cartagena.* ... 157
Figura 3-7 *Ubicación de los puntos de muestreo del suelo adelantados* ... 162
Figura 3-8 *Régimen de corrientes en la época seca para la Bahía de Cartagena. a) 5 h b) 7 h c) 14 h d) 18 h e) 24 h* ... 168
Figura 3-9 *Régimen de corrientes superficiales de la Bahía de Cartagena, para la época húmeda a) 5 h b) 7 h c) 14 h d) 18 h e) 24 h* ... 169
Figura 3-10 *Fotografía panorámica de la desembocadura del Canal del Dique en la Bahía de Cartagena* ... 171
Figura 3-11 *Esquema de la dinámica marina en el sector de Bocagrande* ... 172
Figura 3-12 *Ecomapa identificando la carga diaria del Canal del Dique* ... 175
Figura 3-13 *Ecomapa identificando los vertimientos de aguas servidas y su impacto en la calidad de agua de la Bahía de Cartagena* ... 176
Figura 3-14 *Ecomapa identificando la zona industrial y portuaria de Mamonal y su interacción con la calidad de agua de la Bahía de Cartagena* ... 177
Figura 3-15 *Ecomapa identificando la infraestructura portuaria y los posibles aspectos e impactos derivados de las operaciones portuarias* ... 178
Figura 3-16 *Ubicación de las estaciones de monitoreo del INVEMAR para el monitoreo de la calidad ambiental en una grilla de 11 estaciones en la Bahía de Cartagena* ... 182
Figura 3-17 *Temperatura de la Bahía de Cartagena en función de la profundidad (época de transición)* ... 198

Figura 3-18 *pH de la Bahía de Cartagena en función de la profundidad (época de transición)*..... 198
Figura 3-19 *Conductividad de la Bahía de Cartagena en función de la profundidad (época de transición)*..... 198
Figura 3-20 *Salinidad de la Bahía de Cartagena en función de la profundidad (época de transición)*..... 198
Figura 3-21 *Oxígeno disuelto de la Bahía de Cartagena en función de la profundidad (época de transición)*..... 199
Figura 3-22 *Saturación de Oxígeno de la Bahía de Cartagena en función de la profundidad (época de transición)*..... 199
Figura 3-23 *Profundidad en la Bahía de Cartagena*..... 199
Figura 3-24 *Transparencia en la Bahía de Cartagena*..... 199
Figura 3-25 *Temperatura superficial en la Bahía de Cartagena*..... 199
Figura 3-26 *pH superficial en la Bahía de Cartagena*..... 199
Figura 3-27 *Conductividad superficial en la Bahía de Cartagena*..... 200
Figura 3-28 *Salinidad superficial en la Bahía de Cartagena*..... 200
Figura 3-29 *Oxígeno disuelto en la Bahía de Cartagena (superficie)*..... 200
Figura 3-30 *Saturación de Oxígeno en la Bahía de Cartagena (superficie)*..... 200
Figura 3-31 *Sólidos suspendidos en la Bahía de Cartagena*..... 200
Figura 3-32 *Turbidez en la Bahía de Cartagena*..... 200
Figura 3-33 *Sólidos totales en la Bahía de Cartagena*..... 201
Figura 3-34 *Color en la Bahía de Cartagena*..... 201
Figura 3-35 *Concentración de DBO5 en la Bahía de Cartagena*..... 201
Figura 3-36 *Concentración de DQO en la Bahía de Cartagena*..... 201
Figura 3-37 *Concentración de nitritos en la Bahía de Cartagena*..... 201
Figura 3-38 *Concentración de nitratos en la Bahía de Cartagena*..... 201
Figura 3-39 *Concentración de Nitrógeno amoniacal en la Bahía de Cartagena*..... 202
Figura 3-40 *Concentración estimada de Amoníaco no disociado en la Bahía de Cartagena*..... 202
Figura 3-41 *Concentración de nitritos y nitratos en la Bahía de Cartagena*..... 202
Figura3-42 *Concentración de Nitrógeno proveniente de nitritos, nitratos y amonio/Amoníaco en la Bahía de Cartagena*..... 202
Figura 3-43 *Concentración de aceites y grasas en la Bahía de Cartagena*..... 202
Figura 3-44 *Concentración de hidrocarburos dispersos y disueltos en la Bahía de Cartagena*..... 202
Figura 3-45 *Localización de los puntos de monitoreo de la calidad del agua freática.*..... 215
Figura 3-46 *Pluma de producto libre, gradiente y dirección.*..... 217
Figura 3-47 *Composición granulométrica de los fondos colectados en los sedimentos de la Bahía de Cartagena*..... 222
Figura 3-48 *Materia orgánica en los sedimentos de la Bahía de Cartagena*..... 222
Figura 3-49 *Nitrógeno total Kjeldahl en los sedimentos de la Bahía de Cartagena*..... 222
Figura 3-50 *Carbono total en los sedimentos de la Bahía de Cartagena*..... 223
Figura 3-51 *Carbono inorgánico en los sedimentos de la Bahía de Cartagena*..... 223
Figura 3-52 *Cadmio en los sedimentos de la Bahía de Cartagena*..... 223
Figura 3-53 *Níquel en los sedimentos de la Bahía de Cartagena*..... 223
Figura 3-54 *Diagrama Índice de Aridez o de Gaussen para la Región de Cartagena*..... 229
Figura 3-55 *Rosa de los vientos para la época seca. Aeropuerto Rafael Núñez*..... 231

Figura 3-56 *Rosa de los vientos para la primera época de lluvias. Aeropuerto Rafael Núñez* *231*
Figura 3-57 *Rosa de los vientos para la época de transición. Aeropuerto Rafael Núñez* *231*
Figura 3-58 *Rosa de los vientos para la segunda temporada de lluvias. Aeropuerto Rafael Núñez* *231*
Figura 3-59 *Variación mensual de la velocidad del viento. Aeropuerto Rafael Núñez* *232*
Figura 3-60 *Imagen de satélite de la MSFC. NASA. 2007. Trayectoria huracán Félix.* *233*
Figura 3-61 *Ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de aire ambiental. Refinería de Cartagena, Junio de 2008.* *235*
Figura 3-62 *Ubicación de las estaciones de monitoreo de ruido ambiental. Refinería de Cartagena, Junio de 2008.* *242*
Figura 3-63 *Cobertura en el área de influencia del proyecto* *246*
Figura 3-64 *Distribución de la abundancia (n° individuos) durante los períodos de muestreo de transición, lluvias y seca en la bahía de Cartagena.* *254*
Figura 3-65 *Distribución de la biomasa húmeda (gr) durante los períodos de muestreo de transición, lluvias y seca en la bahía de Cartagena* *255*
Figura 3-66 *Distribución del número de familias durante los períodos de muestreo de transición, lluvias y seca en la bahía de Cartagena* *256*
Figura 3-67 *Distribución porcentual de la abundancia y biomasa de las principales familias macrobentónicas (>3%) en la bahía de Cartagena durante la época de transición, lluvias y seca. (ol) oligoqueto, (po) poliqueto, (bi) bivalvo, (de) decápodo, (of) ofiúrido, (ec) echinoideo, (est) estomatópodo, (esc) escafópodo.* *258*
Figura 3-68 *Variación del número del número de individuos y biomasa de los organismos colectados en las estaciones de muestreo, durante las épocas de transición, lluvias y seca* *259*
Figura 3-69 *Variación del número de familias y del índice de riqueza de Margalef (d') de los organismos colectados en las estaciones de muestreo, durante las épocas de transición, lluvias y seca.* *261*
Figura 3-70 *Variación de los índices de uniformidad de Pielou (J') y diversidad de Shannon Wiener (H') de los organismos colectados en las estaciones de muestreo, durante las épocas de transición, lluvias y seca.}* *262*
Figura 3-71 *Valores del estadístico W correspondiente a las curvas acumuladas (ABC), de comparación entre abundancia y biomasa, para cada una de las estaciones de muestreo. Época de transición (agosto de 2007); lluvias (noviembre de 2007) y seca (marzo de 2008).* *267*
Figura 3-72 *Resultados del análisis de clasificación del componente biológico en las épocas climáticas de transición (agosto de 2007), lluvias (noviembre de 2007) y seca (marzo de 2008). Índice de similaridad Bray-Curtis. Ligamiento UPGMA.* *269*
Figura 3-73 *Resultado del análisis de ordenación, mediante la técnica de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) del componente biológico en las épocas climáticas de transición (agosto de 2007), lluvias (noviembre de 2007) y seca (marzo de 2008). Nivel de estrés de 0,15 entre 9.999 reiteraciones.* *270*
Figura 3-74 *Resultado del análisis discriminante generalizado GDA usando CAP, mostrando la ordenación que maximiza las diferencias del componente biológico en las estaciones correspondientes a las épocas climáticas de*

transición (agosto de 2007), lluvias (noviembre de 2007) y seca (marzo de 2008), en la bahía de Cartagena. Correlaciones de las familias con el eje canónico 1 y 2 (r > |0,3|). 272

Figura 3-75 *Superposición de valores de las variables abióticas (profundidad, conductividad, pH, saturación de Oxígeno y sedimentos tipo arenas muy finas), sobre el análisis de ordenación nMDS de la macrofauna bentónica. El tamaño del círculo representa la magnitud de la variable.* 275

Figura 3-76 *a) Abundancia, b) biomasa y c) riqueza de especies de peces capturadas en seis puntos de muestreo dentro de la bahía de Cartagena durante en los muestreos realizados en tres épocas climáticas.* 286

Figura 3-77 *Número de especies, individuos y peso promedio (+desviación estándar) de los peces capturados en seis estaciones dentro de la bahía de Cartagena durante muestreos realizados en tres épocas climáticas (Transición, lluvias y seca).* 287

Figura 3-78 *Abundancia relativa de peces capturados en seis estaciones dentro de la bahía de Cartagena en los muestreos realizados durante tres épocas climáticas. Los números encima de las barras indican el número total de peces colectado en cada estación.* 291

Figura 3-79 *Biomasa relativa de peces capturados en seis estaciones dentro de la bahía de Cartagena en los muestreos realizados durante tres épocas climáticas. Los números encima de las barras indican el peso (g) obtenido en cada estación.* 292

Figura 3-80 *Frecuencia relativa de los estados gonadales observados en machos y hembras de las especies de peces más abundantes colectadas en los muestreos realizado en durante la época de transición (agosto, 2007), lluvias (noviembre, 2007) y secas (marzo de 2008) en seis estaciones ubicadas dentro de la bahía de Cartagena.* 300

Figura 3-81 *Variación estacional del Factor de Condición de Fulton de las especies más abundantes en la Bahía de Cartagena. Las barras indican el intervalo de confiaza al 95%).* 304

Figura 3-82 *Distribución y proporción de los hábitos alimenticios registrados en las especies de peces evaluadas en la Bahía de Cartagena por época climática.* 305

Figura 3-83 *Clasificación (a) y ordenamiento (b) basados en la abundancia (número de individuos) de las especies en las estaciones y épocas muestreadas. Las muestras se unen con el método del grupo promedio, a partir de una matriz de similitud de Bray-Curtis con datos transformados con ln (X+1). Los grupos se forman un nivel de similitud de 38%. Las estaciones en rojo corresponden la época de transición (T). Las estaciones en azul corresponden a la época de lluvia (L) y en verde se encuentran las estaciones evaluadas en la época seca (S).* 308

Figura 3-84 *Análisis inverso para los grupos del dendrograma de similitud. **** corresponde a las especies con abundancia del 70%; oooo del 90%. Las especies subrayadas son exclusivas de cada grupo y las resaltadas son características del grupo de estaciones (abundancia mayor o igual a 70%). Las letras al lado de la especie describen hábitos tróficos y el color, su grupo alimenticio al: P = Planctófago (consumidores de 1er orden);I= Iliófago (cons. de 1er y 2º órden); O = Omnívoro (cons. 2º órden); Ic = Ictiófago (consumidores de 3er y 4º orden).* 312

Figura 3-85 *Curvas de k-dominancia. a.) Diversidad por estación; b.) diversidad por época climática y c.) diversidad por grupos obtenidos de la clasificación de la comunidad de peces en la bahía de Cartagena* *316*
Figura 3-86 *Superposición de variables ambientales que mejor correlacionan con la matriz de similitud de abundancia de peces colectados en la bahía de Cartagena durante tres épocas climáticas. Los colores coreresponden a los grupos formados en el análisis de agrupamiento y el tamaño de la burbuja representa la magnitud de la variable en cada estación y época de muestreo.* *319*
Figura 3-87 *Composición porcentual de los principales grupos zooplanctónicos en la zona industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena durante la época de transición (a) (agosto de 2007), lluvias (b) (noviembre de 2007) y seca (c) (marzo de 2008).* *331*
Figura 3-88 *ensidad (Ind. 100 m^{-3}) de zooplancton en cada estación de muestreo en la zona industrial de Mamonal, bahía de Cartagena, en la época de transición (agosto de 2007), época de lluvia (noviembre de 2007) y la época seca (marzo de 2008)*..... *334*
Figura 3-89 *squema comparativo de las medidas de posición y dispersión (basados en densidad) para las tres épocas de muestreo en la Bahía de Cartagena*..... *336*
Figura 3-90 *Análisis de clasificación mediante el índice de similaridad de Bray-Curtis del componente biológico (Abundancia) en cada una de las estaciones de muestreo para la época de transición, lluvias y seca en la zona Industrial de Mamonal, bahía de Cartagena* *338*
Figura 3-91 *Resultados del análisis de ordenación, mediante la técnica de escalamiento multidimensional no paramétrico (nMDS), combinado con el análisis de clasificación. Los grupos encerrados corresponden a los grupos formados en el dendrograma. Nivel de estrés = 0,07 (9.999 reiteraciones).*..... *338*
Figura 3-92 *Análisis Canónico de Coordenadas Principales entre estaciones para el monitoreo realizado en la zona industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena. 4.999 permutaciones*..... *339*
Figura 3-93 *Comparación de las estaciones de muestreo en términos del índice de equitatividad de Pielou (J´), la riqueza (S) y las familias abundantes (N1) y muy abundantes (N2) para la época de transición (a), lluvias (b) y seca (c) en la zona industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena.*..... *340*
Figura 3-94 *Valoración de la diversidad empleando el Índice de Shannon (H') en las estaciones de muestreo durante la época de transición (Agosto de 2007), la época de lluvia (Noviembre de 2007) y la época seca (Marzo de 2008) en la zona industrial de Mamonal, bahía de Cartagena.* *342*
Figura 3-95 *Esquema comparativo de las medidas de posición y dispersión (basados en Diversidad) para las tres épocas de muestreo en la zona Industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena.* *343*
Figura 3-96 *Esquema comparativo de las medidas de posición y dispersión (basados en Equitabilidad) para las tres épocas de muestreo en la zona Industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena.* *343*
Figura 3-97 *Esquema comparativo de las medidas de posición y dispersión (basados en Riqueza) para las tres épocas de muestreo en la zona Industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena.*..... *344*
Figura 3-98 *Esquema comparativo de los porcentajes de abundancia de las familias más representativas en las estaciones de muestreo en la zona industrial de*

Mamonal, Bahía de Cartagena, durante la época de transición (a-agosto de 2007), lluvias (noviembre de 2007) y la época seca (c) (marzo de 2008)..... 347
Figura 3-99 Gráfico combinado de las correlaciones de la familia con la ordenación CAP, realizado entre estaciones para el monitoreo realizado en la zona industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena. 4.999 permutaciones..... 348
Figura 3-100 Valores de la biomasa volumétrica (ml m^{-3}) para la zona industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena durante Agosto de 2007 (transición), Noviembre de 2007 (lluvias) y Marzo de 2008 (seca)..... 349
Figura 3-101 Esquema comparativo de las medidas de posición y dispersión (basados en biomasa volumétrica) para las tres épocas de muestreo en la zona industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena..... 350
Figura 3-102 Valores de la biomasa Húmeda (gr.100 m^{-3}) para la zona industrial de Mamonal, bahía de Cartagena durante Agosto de 2007 (transición), Noviembre de 2007 (lluvias) y Marzo de 2008 (seca)..... 351
Figura 3-103 Esquema comparativo de las medidas de posición y dispersión (basados en biomasa húmeda) para las tres épocas de muestreo en la zona industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena. 352
Figura 3-104 Valores de la biomasa Seca (gr.100 m^{-3}) para la zona industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena durante Agosto de 2007 (transición), Noviembre de 2007 (lluvias) y Marzo de 2008 (seca). 353
Figura 3-105 Esquema comparativo de las medidas de posición y dispersión (basados en biomasa seca) para las tres épocas de muestreo en la zona industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena. 354
Figura 3-106 Valores de la Materia Orgánica (gr.100 m^{-3}) en la zona industrial de Mamonal, bahía de Cartagena durante Agosto de 2007 (transición), Noviembre de 2007 lluvias) y Marzo de 2008 (seca). 355
Figura 3-107 Esquema comparativo de las medidas de posición y dispersión (basados en materia orgánica) para las tres épocas de muestreo en la zona industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena. 356
Figura 3-108 Esquema de sobreposición de las variables ambientales correlaciondas con la ordenación de la comunidad zooplanctónica para las épocas climáticas muestreadas (verde: transición; azul: lluvias; naranja: seca)..... 360
Figura 3-109 Mapas de las localidades y comunas de Cartagena..... 366
Figura 3-110 Participación urbana-rural 367
Figura 3-111 Población por sexo 368
Figura 3-112 Densidad poblacional..... 369
Figura 3-113 Necesidades Básicas Insatisfechas..... 371
Figura 3-114 Distribución del SISBEN 372
Figura 3-115 Afiliaciones al Régimen Subsidiado en Cartagena 373
Figura 3-116 Distribución número de personas por hogar 375
Figura 3-117 Promedio de personas por hogar según área 375
Figura 3-118 Nivel de estudios de la Población de Cartagena según localidad 377
Figura 3-119 Incidencia del Dengue en el total de Cartagena 379
Figura 3-120 Incidencia del Dengue por Localidad 379
Figura 3-121 Intoxicaciones Alimenticias..... 379
Figura 3-122 Sistema Vial de Cartagena 382
Figura 3-123 Sistema Integrado de Transporte Masivo de Cartagena..... 384
Figura 3-124 Composición del parque automotor de Cartagena 386

Figura 3-125 Promedio de pasajeros transportados diariamente 386
Figura 3-126 Localización conceptual de rutas de transporte acuático 387
Figura 3-127 Tipo de vivienda 390
Figura 3-128 Stock de Vivienda por ubicación 391
Figura 3-129 Stock de vivienda por tipo de ocupación 391
Figura 3-130 Localización de la Zona Industrial de Mamonal 394
Figura 3-131 Mercado laboral en principales ciudades, 2005 398
Figura 3-132 Principales Indicadores Laborales. Tercer trimestre 399
Figura 3-133 Tasas de Ocupación, Global de Participación, Desempleo y Subempleo trimestrales 399
Figura 3-134 Población Ocupada, formal e informal, según rama de actividad 2006 400
Figura 3-135 Exportaciones de Bolívar según actividades económicas, 2006 ..... 401*
Figura 3-136 Importaciones de bolívar según actividades económicas 402
Figura 3-137 Tráfico portuario región del Caribe, 2006 403
Figura 3-138 Participación de la región del Caribe en el tráfico portuario, 2006 403
Figura 3-139 Ocupación Hotelera, 2004 -2006 404
Figura 3-140 Pasajeros llegados en Cruceros, 2003 – 2006 404
Figura 3-141 Pasajeros nacionales e internacionales llegados 405
Figura 3-142 Distribución del PIB de Bolívar por sectores 407
Figura 3-143 Producción bruta industrial de Bolívar (Millones $Ktes1994) 408
Figura 3-144 Valor agregado en los productos de petróleo refinado (millones $ ktes 1994) 409
Figura 3-145 Porcentajes de participación Rama 29 en la industria manufactura y ésta en el total nacional 410
Figura 3-146 Balanza comercial del país, 1980 – 2007 412
Figura 3-147 Exportaciones e Importaciones de Colombia, 1999 – 2007 412
Figura 3-148 Áreas de expansión industrial en la ZIM 416
Figura 3-149 Comparación cobertura en servicios AA entre ciudades, 2000 y 2002 418
Figura 3-150 Distribución Población Ocupada en Cartagena según Ramas de Actividad (2006) 419
Figura 3-151 Nivel Educativo de los empleados del sector de Mamonal 423
Figura 3-152 Demarcación de sitios de protección al patrimonio arqueológico 425
Figura 3-153 Localización general de la Refinería, de las áreas revisadas (lotes 1, 34, 52 y canchas deportivas) y de los sitios de hallazgo arqueológico. 429
Figura 3-154 Gráfica de crecimiento del PIB Anual (1991-2005) 450

LISTA DE TABLAS

pag.

Tabla 0-1 Datos ingeniería de expansión inicial REFICAR 1974-1980 ... 23
Tabla 0-2 Unidades de proceso de la Refinería ampliada ... 25
Tabla 0-3 Distribución de Productos en la Refinería Ampliada ... 27
Tabla 0-4 Configuración actual y nueva de materias primas para la Refinería ... 28
Tabla 0-5 Comparación de rendimientos productos de conversión ... 29
Tabla 0-6 Comparativo de niveles de azufre en gasolinas y diesel (ppm) ... 29
Tabla 2-1 Plantas de la ampliación ... 73
Tabla 2-2 Cronograma de actividades del proyecto de actualización y modernización de la Refinería de Cartagena S.A. ... 79
Tabla 2-3 Identificación de áreas de estudio para las diferentes cimentaciones de la obra ... 85
Tabla 2-4 Capacidad y referencias de proporción para el mínimo asentamiento diferencial de los cimientos ... 86
Tabla 2-5 Factores de Seguridad para la cimentación ... 86
Tabla 2-6 Espesores recomendados para placas de cimentación ... 87
Tabla 2-7 Distribución de los trabajadores requeridos para la etapa de construcción ... 90
Tabla 2-8 Configuración de materias primas en la Refinería ... 102
Tabla 2-9 Materias primas de carga en la Refinería ampliada ... 102
Tabla 2-10 Comparación de rendimientos productos de conversión ... 102
Tabla 2-11 Comparación de niveles de Azufre en gasolinas y diesel (ppm) ... 103
Tabla 2-12 Unidades que conforman la ampliación de la Refinería ... 103
Tabla 2-13 Insumos que serán utilizadas en la Refinería de Cartagena ... 106
Tabla 2-14 Distribución de Productos en la Refinería ampliada ... 109
Tabla 2-15 Balance de generación y consumo de Hidrógeno en las diferentes unidades de proceso ... 126
Tabla 2-16 Balance en la generación de sulfuro de Hidrógeno ... 128
Tabla 2-17 Requerimiento de energía para la operación actual y futura de la Refinería ... 134
Tabla 2-18 Requerimientos de combustible y energía eléctrica en la nueva configuración ... 135
Tabla 2-19 Composición prevista del gas combustible para uso interno (salida del mezclador) ... 136
Tabla 2-20 Requerimientos de agua de enfriamiento en la nueva configuración de la Refinería ... 137
Tabla 2-21 Valor de la inversión para la ampliación y modernización de la Refinería ... 138
Tabla 2-22 Comparación de la configuración actual y la de l año 2012, teniendo en cuenta los procesos y equipos licenciados. ... 139
Tabla 3-1 Resultados de Ensayos Down Hole ... 152
Tabla 3-2 Resultados y Recomendaciones de la Resistividad Eléctrica del Suelo ... 154
Tabla 3-3 Áreas seleccionadas para la inspección preliminar del estado del suelo. ... 159
Tabla 3-4 Área de estudio desarrollada ... 159
Tabla 3-5 Puntos de monitoreo en las áreas identificadas. ... 160
Tabla 3-6 Puntos de monitoreo en las áreas referenciada. Incluye los parámetros analizados. ... 161

Tabla 3-7 *Resumen de las cargas aportadas por las fuentes de contaminación de residuos líquidos a la Bahía de Cartagena, 1996-1997* *173*
Tabla 3-8 *Localización geográfica y profundidad de las estaciones de muestreo INVEMAR en la Bahía de Cartagena* *181*
Tabla 3-9 *Parámetros y métodos de análisis de la calidad de agua en la Bahía de Cartagena* *183*
Tabla 3-10 *Resultados de los parámetros fisicoquímicas de calidad del agua de la Bahía de Cartagena medidos in situ (época de transición)* *184*
Tabla 3-11 *Resultados cuantitativos de laboratorio de los parámetros fisicoquímicos de las muestras compuestas de agua de la Bahía de Cartagena (época de transición)* *185*
Tabla 3-12 *Resultados de los parámetros fisicoquímicas de calidad del agua de la Bahía de Cartagena medidos in situ (época lluviosa)* *187*
Tabla 3-13 *Resultados cuantitativos de laboratorio de los parámetros fisicoquímicos de las muestras compuestas de agua de la Bahía de Cartagena (época lluviosa)* *188*
Tabla 3-14 *Resultados cuantitativos de laboratorio de los hidrocarburos en muestras compuestas de agua de la Bahía de Cartagena (época lluviosa)* *189*
Tabla 3-15 *Resultados de los parámetros fisicoquímicas de calidad del agua de la Bahía de Cartagena medidos in situ (época seca)* *190*
Tabla 3-16 *Resultados cuantitativos de laboratorio de los parámetros fisicoquímicos de las muestras compuestas de agua de la Bahía de Cartagena (época seca)* *191*
Tabla 3-17 *Resultados cuantitativos de laboratorio de los hidrocarburos en muestras compuestas de agua de la Bahía de Cartagena (época seca)* *192*
Tabla 3-18 *Porcentaje del Nitrógeno amoniacal presente como Amoníaco no ionizado (NH_3) en agua dulce en el rango de pH y de temperatura de la Bahía de Cartagena (capa intermedia)* *193*
Tabla 3-19 *Concentración estimada de Amoníaco no ionizado en la Bahía de Cartagena* *193*
Tabla 3-20 *Síntesis de los tres monitoreos de calidad del agua del INVEMAR en 11 estaciones de la Bahía de Cartagena* *194*
Tabla 3-21 *Análisis y consideraciones de los resultados de laboratorio de los parámetros fisicoquímicos de las muestras compuestas de agua de la Bahía de Cartagena* *204*
Tabla 3-22 *Evaluación del Estado de los Pozos de Monitoreo a Noviembre de 2007* *214*
Tabla 3-23 *Métodos analíticos utilizados para la caracterización de los sedimentos* *219*
Tabla 3-24 *Localización geográfica y profundidad de las estaciones de monitoreo de sedimentos de la Bahía de Cartagena* *220*
Tabla 3-25 *Resultados de laboratorio para las muestras superficiales de sedimentos de la Bahía de Cartagena (INVEMAR)* *221*
Tabla 3-26 *Valores de referencia para las muestras de sedimentos* *224*
Tabla 3-27 *Análisis y consideraciones de los resultados de laboratorio de los sedimentos de la Bahía de Cartagena* *225*
Tabla 3-28 *Ubicación específica de la estaciones de monitoreo de Calidad de Aire. Refinería de Cartagena, Junio de 2008.* *235*
Tabla 3-29 *Condiciones meteorológicas registradas durante el monitoreo de calidad de aire* *238*
Tabla 3-30 *Resultados de los monitoreos de calidad del aire para el área de influencia de la Refinería de Cartagena S.A.* *238*

Tabla 3-31 *Puntos de Monitoreo de Ruido al interior de la refinería de Cartagena – Junio 2008* *241*
Tabla 3-32 *Rangos de operaciones recomendados por el fabricante de los equipos de monitoreo de ruido ambiental* *243*
Tabla 3-33 *Condiciones meteorológicas predominantes durante el monitoreo de Ruido Ambiental, al interior de la refinería de Cartagena – Junio 2008* *243*
Tabla 3-34 *Niveles sonoros LEQ, LD y LN obtenidos en el monitoreo de Ruido Ambiental y su comparación con los estándares máximos permisible del sector C – Subsector 1. Refinería de Cartagena – Junio 2008.* *244*
Tabla 3-35 *Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskall Wallis con los atributos las comunidades macrozoobentónicas de la bahía de Cartagena, entre los períodos de muestreo de transición, lluvias y seca* *264*
Tabla 3-36 *Promedios (rangos) por estación (m^2) del número de familias, abundancia y biomasa húmeda (g) de la macrofauna bentónica en algunos sectores de la bahía de Cartagena y áreas estuarinas de diferentes latitudes* *265*
Tabla 3-37 *Especies indicadoras del análisis discriminante generalizado GDA usando CAP. Correlaciones superiores a r |0,3| en uno de los dos ejes canónicos. Valores de abundancia promedio ± desviación estándar en las épocas climáticas de transición, lluvias y seca.* *272*
Tabla 3-38 *Resultado del análisis multivariado (BIO-ENV) mediante el coeficiente de correlación armónico por rangos de Spearman. Combinación del componente biótico con 18 variables fisicoquímicas. El primer valor indica la máxima correlación encontrada en cada una. Correlación original del Bio-Env (x), variables correlacionadas con otras (+).* *274*
Tabla 3-39 *Variables ambientales con altos coeficientes de correlación armónica (Pw) obtenidos en diferentes estudios del Caribe colombiano. Amf: arena muy fina; Af: arena fina; Am: arena media; Ag: arena gruesa; Ci: cieno; G: gránulos; FO: Fósforo orgánico; MO: materia orgánica; NO: Nitrógeno orgánico; NO_2: nitritos; OD: Oxígeno disuelto; SO: saturación de Oxígeno; Prof: profundidad; Turb: turbiedad; Zn: zinc; Pb: plomo; Na: sodio; As: arsénico; HAP: hidrocarburos poliaromáticos; HAT: hidrocarburos aromáticos totales* *276*
Tabla 3-40 *Localización de estaciones para el estudio de peces en la bahía de Cartagena* *277*
Tabla 3-41 *Número de individuos por especie, de peces colectadas en los muestreos realizados durante la época de transición (agosto), la época de lluvias (noviembre) y la época seca (febrero), en seis estaciones ubicadas dentro de la bahía de Cartagena.* *283*
Tabla 3-42 *Composición por sexo (hembras, machos e indiferenciados) y talla (media ± d.e.) por sexo de las especies de peces colectadas durante el muestreo realizado en la época de transición (agosto, 2007) en seis estaciones ubicadas dentro de la bahía de Cartagena. N: número de individuos. LT: longitud total. D.E: desviación estándar.* *293*
Tabla 3-43 *Composición por sexo (hembras, machos e indiferenciados) y talla (media ± d.e.) por sexo de las especies de peces colectadas durante el muestreo realizado en la época de lluvias (noviembre, 2007) en seis estaciones ubicadas dentro de la bahía de Cartagena. N: número de individuos. LT: longitud total. D.E: desviación estándar* *294*

Tabla 3-44 *Composición por sexo (hembras, machos e indiferenciados) y talla (media ± d.e.) por sexo de las especies de peces colectadas durante el muestreo realizado en la época de seca (marzo, 2008) en seis estaciones ubicadas dentro de la bahía de Cartagena. N: número de individuos. LT: longitud total. D.E: desviación estándar.* *295*

Tabla 3-45 *Longitud total (media ± d.e.) y peso total (media ± d.e.) por sexo y estado gonadal de las especies más abundantes colectadas durante el muestreo realizado en la época de transición (agosto, 2007) en seis estaciones ubicadas dentro de la bahía de Cartagena* *296*

Tabla 3-46 *Longitud total (media ± d.e.) y peso total (media ± d.e.) por sexo y estado gonadal de las especies más abundantes colectadas durante el muestreo realizado en la época de lluvias (Noviembre, 2007) en seis estaciones ubicadas dentro de la bahía de Cartagena* *297*

Tabla 3-47 *Longitud total (media ± d.e.) y peso total (media ± d.e.) por sexo y estado gonadal de las especies más abundantes colectadas durante la época seca (marzo, 2008) en seis estaciones ubicadas dentro de la bahía de Cartagena*..... *297*

Tabla 3-48 *Factor de condición de Fulton (promedio ± d.e.) de las especies capturadas en seis estaciones de la bahía de Cartagena en en los muestreos realizado en tres épocas climáticas*..... *302*

Tabla 3-49 *Índices ecológicos calculados por muestreo durante la época de transición (T), lluvias (L) y seca (S) y promedio (± desviación estándar) para los grupos formados en la clasificación y ordenación*..... *314*

Tabla 3-50 *Análisis BIOENV mostrando la combinación de variables que produce la mejor coincidencia de las matrices de similitud biológica y ambiental, medida a través de la correlación por rangos de Spearman ponderado (ρ_w)*..... *318*

Tabla 3-51 *Características de la comunidad íctica en diferentes estuarios y lagunas costeras del Caribe colombiano y el Golfo de México.*..... *322*

Tabla 3-52 *Código, fecha y profundidad del arrastre en las estaciones de monitoreo para el componente zooplanctónico durante las tres épocas climáticas monitoreadas (Transición, Lluvia y Seca) en la zona industrial del Mamonal, Bahía de Cartagena*..... *323*

Tabla 3-53 *Comparación de la composición de la comunidad zooplanctónica en zonas costeras y estuarinas del Caribe colombiano*..... *332*

Tabla 3-54 *esultado de la Prueba de Post-ANOVA para la abundancia en las tres épocas climáticas*..... *335*

Tabla 3-55 *Cmparación de la densidad (Ind. m^{-3}) de la comunidad zooplanctónica en la Bahía de Cartagena y algunas zonas del Caribe colombiano.* *336*

Tabla 3-56 *Número total de familias de comunidades zooplanctónicas reportadas en la costa Caribe colombiana.*..... *345*

Tabla 3-57 *Comparación de los valores de biomasa volumétrica en la Bahía de Cartagena, Cienaga de Tesca y el Caribe colombiano*..... *350*

Tabla 3-58 *Biomasa Húmeda Zooplanctónica en algunas localidades del Mar Caribe.*..... *352*

Tabla 3-59 *Biomasa seca zooplanctónica en algunas localidades del mar Caribe colombiano y panameño*..... *354*

Tabla 3-60 *Resultados del análisis multivariado (BIO-ENV) mediante el coeficiente de correlación harmónico por rangos de Spearman. Combinación de 18 variables ambientales con el componente biótico (Abundancia) para la zona*

industrial de Mamonal, bahía de Cartagena durante agosto y noviembre de 2007 y marzo de 2008 358
Tabla 3-61 *Crecimiento Poblacional* 367
Tabla 3-62 *Estructura de población por edades* 368
Tabla 3-63 *Tasa Bruta de Natalidad y Mortalidad* 369
Tabla 3-64 *Mortalidad por sexo* 370
Tabla 3-65 *Diez Primeras Causas de Muerte* 370
Tabla 3-66 *Clasificación del SISBEN.* 371
Tabla 3-67 *Niveles SISBEN por Localidades* 372
Tabla 3-68 *Estratificación Socioeconómica* 373
Tabla 3-69 *Mortalidad por sexo* 374
Tabla 3-70 *Diez Primeras Causas de Muerte.* 374
Tabla 3-71 *Ubicación de grupos desplazados y composición según grupos etáreos* 375
Tabla 3-72 *Morbilidad en niveles I y II del SISBEN.* 378
Tabla 3-73 *Cobertura de los Servicios Públicos según localidades de Cartagena* 388
Tabla 3-74 *Principales empresas ubicadas en la Zona Industrial de Mamonal* 395
Tabla 3-75 *Descripción general del mercado laboral en Cartagena, 2005* 397
Tabla 3-76 *Toneladas movilizadas por tipo de estiba -Año 2007* 403
Tabla 3-77 *Movimiento de carga contenerizada (TESUS – Año 2007).* 404
Tabla 3-78 *Producción Camaronera en la zona de influencia del canal del Dique* 406
Tabla 3-79 *Población de pescadores Bolívar y Cartagena* 406
Tabla 3-80 *Producción Industrial, Nacional, Bolívar y Atlántico (1997 – 2005)* 408
Tabla 3-81 *Producción bruta - total y CIIU 232 (2005) según localización de Áreas Metropolitanas* 411
Tabla 3-82 *Exportaciones de la Refinería de Cartagena actual y con proyecto* 413
Tabla 3-83 *Balanza comercial para la fabricación de productos de la refinación de petróleo 1998 – 2007 (Millones de dólares a precios FOB)* 414
Tabla 3-84 *Sondeos arqueológicos* 431
Tabla 3-85 *Resultado de elecciones para Gobernador Departamento de Bolívar* 445
Tabla 3-86 *Partidos con mayor votación* 445
Tabla 3-87 *Resultado de elecciones para alcaldía de Cartagena.* 446
Tabla 3-88 *Conformación del concejo municipal del Distrito Turístico de Cartagena* 447

LISTA DE FOTOS

pag.

Foto 3-1 *Draga van Veen de 0,04 m^2 empleada para la toma de muestras de sedimento.* *249*
Foto 3-2 *Tamizaje de las muestras de sedimentos para el análisis biológico. Fijación y tinción de las muestras con formalina al 4% y rosa de bengala.* *250*
Foto 3-3 *Secuencias de una faena de pesca: a. Unidad de pesca y preparación del trasmallo, b. lance (calado del trasmallo), c y d. recogida (virado) y f. almacenamiento de captura hasta su procesamiento en laboratorio* *278*
Foto 3-4 *Toma de datos biológicos de las especies de peces colectadas. a. Medición, b. Pesaje y c. determinación de sexo y estado gonadal* *279*
Foto 3-5 *Muestreo de zooplancton. a. Arrastre y recolección de la muestra con la red cónica simple. b. fijación de la muestra.* *324*
Foto 3-6 *Método para el conteo del zooplancton. a. Separador Folsom para obtener alícuotas de la muestra total. b. Estereomicroscopio para la determinación taxonómica del zooplancton* *325*
Foto 3-7 *Estimación de la biomasa volumétrica por medio del volumen desplazado de los organismos zooplanctónicos.* *326*
Foto 3-8 *Área limpia junto a garita elevada del ejército; se observa el perímetro del lote demarcado por la vía y la cerca.* *430*
Foto 3-9 *Área limpia en el Lote 1.* *434*
Foto 3-10 *Sondeo arqueológico a 40 cm. de profundidad, sin evidencias arqueológicas.* *434*
Foto 3-11 *Sondeos en el Lote 34* *435*
Foto 3-12 *Fragmento cerámico en superficie, Lote 34* *435*
Foto 3-13 *Fragmento cerámico en superficie, Lote 34.* *435*
Foto 3-14 *Área ondulada (lomas) en el Lote 34.* *436*
Foto 3-15 *Sector ondulado al norte del Lote 34* *436*
Foto 3-16 *Sondeos arqueológicos, Lote 52.* *436*
Foto 3-17 *Sondeo sin evidencias arqueológicas; se observan restos de hidrocarburos en la pared superior.* *437*
Foto 3-18 *Recorrido durante la segunda visita, en el área que fue desmalezada.* *437*
Foto 3-19 *Fragmento cerámico en superficie, cerca del Arroyo Grande.* *437*
Foto 3-20 *Sondeos arqueológicos en sector ondulado, recién desmalezado.* *438*
Foto 3-21 *Sondeo arqueológico, sin evidencias.* *438*
Foto 3-22 *Restos de concreto en lomas cercanas al antiguo helipuerto.* *438*
Foto 3-23 *Restos de concreto en el antiguo helipuerto* *439*
Foto 3-24 *Sondeos en área boscosa, cerca del helipuerto.* *439*
Foto 3-25 *Sondeo sin evidencias arqueológicas.* *439*
Foto 3-26 *Revisión de terrenos removidos junto al Arroyo Grande, sector sur del Lote 34.* *440*
Foto 3-27 *Sector de las canchas deportivas.* *440*
Foto 3-28 *Sector de las canchas deportivas.* *440*
Foto 3-29 *Sondeos arqueológicos en inmediaciones de las canchas.* *441*
Foto 3-30 *Sondeo sin evidencias arqueológicas.* *441*

Foto 3-31 *Fragmentos de color rojo (borde evertido, cuerpo decorado y cuerpo sin decoración).* *442*
Foto 3-32 *Fragmentos de color café (cuerpos sin decoración).* *442*
Foto 3-33 *Borde evertido, color café.* *443*
Foto 3-34 *Fragmento con decoración presionada circular.* *443*
Foto 3-35 *Fragmento con decoración incisa lineal paralela* *444*

LISTA DE PLANOS

pag.

Plano 2-1	*Ubicación del proyecto georreferenciado.*	*757*
Plano 2-2	*Plot plan*	*758*
Plano 2-3	*Identificación de áreas de estudio para las diferentes cimentaciones de la obra*	*759*
Plano 3-1	*Geología del área de influencia del proyecto.*	*760*
Plano 3-2	*Geomorfolgía del área de influencia del proyecto*	*761*
Plano 3-3	*Uso del suelo según el POT de Cartagena*	*762*
Plano 3-4	*Ubicación de los puntos de monitoreo de suelo y sus resusltados.*	*763*
Plano 3-5	*Hidrología.*	*764*
Plano 3-6	*Puntos de lectura piezométrica y sus resultados.*	*765*
Plano 3-7	*Ubicación probable de la pluma de producto libre para futuro seguimiento.*	*766*
Plano 3-8	*Hidrogeología general del área de influencia del proyecto*	*767*
Plano 3-9	*Topografía del de influencia del proyecto.*	*768*
Plano 3-10	*Cobertura vegetal del área de influencia del proyecto*	*769*



RESUMEN EJECUTIVO

Agosto de 2008

RESUMEN EJECUTIVO.

La Refinería de Cartagena fue construida en 1956 por INTERCOL (filial de Exxon) y para ese entonces podía cubrir ampliamente las necesidades del país en cuanto a cantidad y calidad de los combustibles, e incluso ya exportaba sus excedentes. Con el paso de los años, la Refinería amplió su capacidad y modernizó sus operaciones, especialmente con modificaciones en la planta de crudo. De una capacidad inicial en 1956 de 26,000 BPD de crudo se pasó a cerca de los 70,500 BPD en 1982. La siguiente tabla resume las principales modificaciones realizadas en 1982:

Tabla 0-1 Datos ingeniería de expansión inicial REFICAR 1974-1980.

PLANTA	Capacidad en 1956	Capacidad en 1982	OBSERVACIONES
CRUDO	26,000 BPD	70,500 BPD	La capacidad se fue aumentando paulatinamente hasta los 60,000 BPD. Con la expansión de 1982 se llegó a 70,500 BPD.
CRACKING CATALITICO	13,500 BPD	29,000 BPD	La capacidad y tecnología se mantuvo constante hasta 1982 cuanto se amplió y se modificó la conversión hacia productos valiosos.
POLIMERIZACION	3,600 BPD	6,000 BPD	Transición similar a la unidad anterior.
VISCORREDUCTORA	No existía	20,000 BPD	Esta unidad fue construida en 1982 y se constituyó en la segunda unidad de conversión; carga brea virgen (asfalto) para generar productos más valiosos.
FACILIDADES AMBIENTALES	Hasta 1982 se mantuvo básicamente el mismo sistema de tratamiento primario, para retener cualquier arrastre de hidrocarburo en el agua previo a su vertimiento en la Bahía. De 1982 a 2008, la Refinería invirtió una considerable cantidad de recursos en el mejoramiento de la infraestructura para el control de la contaminación en sus efluentes: instalación de torres de enfriamiento de agua, torre despojadora de aguas agrias, planta de recuperación de azufre a partir del H_2S, plan de reducción de fenoles a la bahía y otros programas.		

Fuente: Los autores, modificado de la información del estudio técnico para la solicitud de zona franca.

Con la formulación Plan Maestro de Desarrollo – PMD (trabajos que se realizan desde 1995), la Refinería busca realizar inversiones en el mejoramiento de la calidad de los productos, atendiendo así los mayores requerimientos ambientales, y busca la generación de nuevos productos, de mayor valor agregado, ajustando su esquema de operación a las condiciones del mercado internacional. Como resultado del PMD se espera el posicionamiento competitivo de la Refinería, no solo en el cumplimiento de la normatividad ambiental nacional sino en la internacional, para acceder al mercado objetivo de la costa del golfo USGC. El diseño del esquema definitivo de operación, que involucra la expansión y modernización de la Refinería, se obtuvo en el 2007. Las nuevas unidades se localizarán en lotes contiguos a la Refinería actual.

OBJETIVOS.

El estudio de impacto ambiental – EIA tiene como objetivo identificar y evaluar la afectación ambiental que surge con el desarrollo del proyecto – PMD REFICAR, en una comparación con la situación actual, de operación de la Refinería de Cartagena y de calidad ambiental del entorno en la Bahía de Cartagena y la zona industrial de Mamonal – ZIM, en la ciudad de Cartagena. Con base en el estudio anterior, el objetivo es formular el plan de manejo ambiental – PMA, cuya adopción e implementación permitirá prevenir, minimizar, controlar los impactos ambientales. Así mismo, los análisis efectuados tenían como objetivo sustentar la viabilidad técnica, ambiental y económica del proyecto – PMD REFICAR.

Los objetivos de este proyecto son:

- Cumplir, en términos de cantidad y calidad, con los requerimientos de la demanda nacional por productos refinados, en los mercados de la zona de abastecimiento de combustibles de la Refinería,
- Cumplir con los requerimientos internacionales de calidad, en especial los del mercado objetivo USGC - Costa del Golfo de los Estados Unidos,
- Aumentar al máximo, técnicamente, ambiental y económicamente posible, la conversión del esquema operativo a productos valiosos, de mayor valor agregado,
- Aumentar la capacidad de refinación, mediante la integralidad de las unidades operativas,
- Ofrecer materias primas para la industria petroquímica del país,
- Aumentar la confiabilidad y eficiencia de la operación de la Refinería, para mejorar la posición competitiva y la rentabilidad,
- Cumplir con todos los requerimientos ambientales internacionales, específicamente los recomendados por la Corporación Financiera Internacional - IFC.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

UBICACIÓN.

La Refinería de Cartagena está ubicada en la Zona Industrial de Mamonal del Distrito de Cartagena de Indias. La ZIM es parte integral de la zona urbana de Cartagena, delimitada como zona industrial y portuaria en el Plan de Ordenamiento Territorial de la Ciudad, e incluso, cuenta con un área de expansión para los mismos usos del suelo y la prestación de servicios logísticos, en apoyo al desarrollo de la ciudad.

Vías de acceso al área del proyecto.

A la Refinería de Cartagena se accede por las siguientes vías:

- Por la carretera a Mamonal, vía de 14 Km. de longitud por la que circula el transporte de carga y el transporte público y privado proveniente de la Sociedad Portuaria, el propio de la ZIM y el que generan las actividades comerciales de Cartagena. Esta vía parte de la diagonal 22 de la ciudad y termina en el corregimiento de Pasacaballos sobre el Canal del Dique.
- La vía alterna, utilizada por el transporte de carga procedente de Barranquilla y que se dirige a la ZIM. Es la vía que va de Cospique a Turbaco donde se integra con la denominada Ruta B que de Arjona se conecta con el centro del país.
- Hay acceso a la Refinería mediante el uso de los muelles marítimos: Terminal de la Refinería y Terminal Néstor Pineda. Estos son exclusivos para la entrada y salida de hidrocarburos.

DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES A DESARROLLAR CON EL PROYECTO

La Refinería de Cartagena ampliada se estructura con las unidades de proceso que se presentan a continuación. La integración de estas unidades se presenta en el capítulo 2 de este estudio.

Tabla 0-2 Unidades de proceso de la Refinería ampliada

UNIDAD	CAPACIDAD	LICENCIADOR
Destilación Crudo	165 KBD	KBC
Destilación al Vacío	92 KBD	KBC
Coquización	40 KBD	LUMMUS
Hydrocracker	35 KBD	UOP
FCC	35 KBD	EXXON MOBIL
HDT Naftas FCC	15 KBD	CD TECH
HDT Naftas	25 KBD	UOP
Reformado	25 KBD	UOP
Benzout	6 KBD	EXXON MOBIL
Tratamiento Jet	20 KBD	MERICHEM
HDT Diesel 1	35 KBD	UOP
HDT Diesel 1	35 KBD	UOP
Butamer	1 KBD	UOP
Alquilación	5 KBD	UOP
Hidrogeno	90 MMSCFD	CB&I
Azufre	270 KBD	CB&I

Fuente: REFICAR

La combinación de todas las corrientes producidas en las diferentes plantas de Refinación, así como las diferentes formas de operar de cada una de las plantas, permite que la Refinería pueda contar con diferentes modos de operación, los cuales se definirán siguiendo las condiciones más favorables del mercado en cuanto a los productos. La Refinería podría tener períodos en los cuales opera maximizando la producción de gasolinas, u otros períodos en los cuales maximiza la producción de destilados medios (Jet y Diesel). Así

mismo, si más adelante se instalan nuevas plantas petroquímicas, con requerimientos de materia prima provenientes de la Refinería, ésta podrá ajustar su esquema operacional para suministrar la materia prima.

El proceso inicia cuando el petróleo crudo llega a los tanques de almacenamiento de la Refinería de Cartagena, bien por vía de un Buque-tanque ó por el Oleoducto Coveñas – Cartagena. Por el diseño de la Refinería, se pueden procesar muchos crudos mezclados. Se proyecta, según las cotizaciones de precio, cargar crudos como los siguientes: Marlim, Dalia, Escalante, Kuito, Vasconia, Rubiales, Caño Limón.

De los tanques, debidamente preparados y mezclados, el proceso sigue con el envío a la Planta de Crudo, que carga 165.000 BPD. El crudo pasa por procesos de destilación atmosférica y de vacío. Ahí se obtienen los siguientes subproductos y cantidades:

- Gases 0,1155 MMSCFD
- Nafta Virgen 12.190 BPD
- Jet 11.356,4 BPD
- Diesel 45.677,5 BPD
- Gasóleos 53.485,3 BPD
- Brea Virgen 42.165,2 BPD

Los subproductos obtenidos seguirán las siguientes líneas de proceso:

Gases: se envían a la Planta de Separación de Gases, donde se mezclan con otras corrientes de gas, producidas en otras unidades. Los productos principales de esta unidad son: propano, butano, isobutano y gasolinas. Todos quedan debidamente separados y listos para ser enviados a otras plantas o para mezclarse con otras corrientes.

Nafta virgen: se envía a la unidad de Hidrotratamiento de Nafta para removerle casi todo el azufre. Se ahí se separa la nafta virgen liviana, que se envía a la Planta de Mezclas, y la nafta virgen pesada, que se envía a la unidad de Reformado Catalítico, en la cual se aumente su octanaje. Esta nafta, con mayor octano, antes de mezclarla con otras naftas producidas en la Refinería, se somete al proceso de BenzOUT, en el cual se elimina el contenido de benceno, mediante reacción con el propileno, para obtener propilbenceno, que es un componente más amigable desde el punto de vista ambiental.

Jet: prácticamente este producto sale listo de la Planta de Crudo para su uso final. Sólo se somete a un proceso de lavado con agua y soda, para retirarle algunos compuestos corrosivos, luego se envía a almacenamiento.

Diesel: dada la normatividad ambiental, la corriente de diesel debe ser sometida al proceso de hidrotratamiento, con el fin de removerle prácticamente todo el contenido de azufre, Antes de entrar a esta Unidad, el diesel se mezcla con otras corrientes de destilados medios.

La Refinería cuenta con dos unidades de Hidrotratamiento - gemelas, lo cual permite una mayor flexibilidad en la operación: la programación de mantenimientos baja la operación a la mitad de la carga, se puede diferenciar la producción de diesel local y el de exportación. Del hidrotratamiento, el diesel para a los tanques de almacenamiento

Gasóleos: es una corriente intermedia que sigue procesos de conversión en las unidades de hidrocracking o cracking catalítico/alquilación. En estas unidades, mediante catalizadores especializados, condiciones especiales de temperatura y presión, el gasóleo se convierte en productos valiosos: 1) del hidrocracking se obtienen gases, naftas, el jet y diesel, 2) del cracking catalítico se obtiene propano, propileno, butano, naftas craqueadas (liviana y pesada), nafta de alquilación, aceite liviano de ciclo y arotar.

Es importante mencionar que las naftas craqueadas llevan un alto contenido de azufre, por la cual pasan a hidrotratamiento.

Brea Virgen: no se usa directamente como se produce, sigue un proceso denominado **"Delayed Coker",** donde la brea virgen es sometida a altas temperaturas y presión (en un horno especializado). Los gases que salen del horno son separados en gasóleos, nafta, propileno, y butilenos. Del horno se obtiene el producto sólido llamado "coque".

Las producciones que generará la Refinería ampliada son las siguientes:

Tabla 0-3 Distribución de Productos en la Refinería Ampliada

Productos Netos C_3 +	Rendimiento BPD
GLP	3.956
Gasolina	38.517
Jet	11.100
Diesel	98.085
Slurry	3678
Coque Ánodo, te/d	2.114

Fuente: REFICAR

Adicionalmente, el PMD incluye en su configuración tres bloques complementarios al proceso que son:

Servicios Industriales: permitirá la autosuficiencia de la Refinería en cuanto a los insumos de electricidad y generación de vapor; sólo requerirá la compra de agua cruda y gas natural. Se contará con una planta de hidrógeno, indispensable en todas las unidades de hidrotratamiento, que utilizará como materia prima el gas natural.

Facilidades de Almacenamiento y Manejo: la Refinería contará con suficientes tanques de almacenamiento para crudos, productos intermedios y productos terminados. Tendrá la

infraestructura necesaria para el manejo de los productos de exportación - en el muelle exclusivo para hidrocarburos, de cargue directo (propiedad de ECOPETROL)[1], recibo y envío de productos a Barrancabermeja, envío de productos a Barraquilla y distribuidores mayoristas.

Para el manejo de los productos sólidos (azufre y coque) contará con una banda transportadora continua. La exportación se realizará a través de un muelle exclusivo de cargue directo[2], donde se atenderán buques de hasta 50 KTON (DWT).

Instalaciones Ambientales: se construirán tres nuevas plantas de azufre, cada una de 80 toneladas de carga diaria para procesar las corrientes de H_2S provenientes de las unidades de hidrotratamiento, una nueva planta de tratamiento de aguas residuales, se utilizarán quemadores de bajo NOx entre otras.

NUEVA TECNOLOGÍA - RECONVERSIÓN INDUSTRIAL DE LA REFINERÍA

El esquema de proceso, desde el punto de vista técnico, es el más ambicioso posible para la Refinería por los aspectos que se señalan a continuación:

Materias Primas: permitirá el procesamiento de crudos pesados (menos gravedad API) y con altos niveles de azufre. Estos crudos son más económicos en el mercado, lo cual permitirá la obtención de un mejor margen bruto.

Tabla 0-4 Configuración actual y nueva de materias primas para la Refinería

CARACTERISTICA	ACTUAL	NUEVA
GRAVEDAD API	26 - 28 ° API	20 - 22 ° API
AZUFRE	1,0% Máx.	2,0 % Máx.

Conversión: el esquema permitirá la conversión casi total del crudo procesado a productos valiosos. Con la introducción de la Unidad de Coque, la actual producción de combustóleo pesado dará paso a la producción de un mayor volumen de destilados medios y gasolinas, así como del nuevo producto - coque tipo Ánodo. La comparación de los rendimientos de los productos blancos y negros (sin coque) se muestra a continuación:

[1] Podrán atracar buques de 50 KTon (DWT).
[2] Este muelle será operado por la Sociedad Portuaria de Refinería de Cartagena (en creación), por lo cual será objeto de un EIA por separado.

Tabla 0-5 Comparación de rendimientos productos de conversión

RENDIMIENTO (%VOL)	CONFIGURACION ACTUAL	CONFIGURACION NUEVA
PRODUCTOS BLANCOS	74,0	> 94
PRODUCTOS NEGROS	26,0	2,2

Calidad de los Productos: la nueva configuración, introducción de plantas de hidrotratamiento y de azufre, permitirá entregar productos con la máxima calidad requerida por el mercado nacional e internacional. En la siguiente tabla se presenta la comparación de contenidos de azufre en las gasolinas y diesel.

Tabla 0-6 Comparativo de niveles de azufre en gasolinas y diesel (ppm)

Producto	Configuración Actual	Exigencia Colombiana al 2012 Ley 1205 del 18 de julio del 2008	Calidad de diseño de los nuevos productos
GASOLINAS	1,000	300	30
DIESEL	4,000	50	8

Regulaciones Ambientales: Actualmente las regulaciones ambientales de Colombia están llegando a las exigencias internacionales, las nuevas unidades de proceso permitirán asegurar que los efluentes líquidos y las emisiones gaseosas de los distintos procesos cumplen en la Refinería con parámetros internacionales. Lo mismo ocurre con el manejo de los residuos sólidos.

Eficiencia y Rentabilidad: el proyecto diseñado aprovecha al máximo la infraestructura actual de la Refinería y refuerza aspectos de automatización y control, que permitirán optimizar requerimientos de operación manual.

EJECUCIÓN DEL PROYECTO

CONSTRUCCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA DEL PROYECTO

En el **ANEXO 0-**, se presenta la discriminación de fases del proyecto con los respectivos períodos de ejecución y fechas estimadas de terminación. Dicho plan estima la terminación

de la fase de construcción y montaje en Diciembre de 2011, con la puesta en marcha la Refinería ampliada en el 2012.

Siguiendo el cronograma de ejecución, las actividades que se realizarán por cada año son las siguientes:

Año 2008: se realiza la ingeniería básica de procesos licenciados y no licenciados, estudios de integración de unidades nuevas y viejas y desarrollo y simulación de modelos de operación, entre otros. Durante este año no se realizará ninguna construcción, pero se adecuarán los terrenos para la construcción de la refinería.

Año 2009: se realizará la ingeniería detallada para todas las especialidades de trabajo (obra civil, mecánica, eléctrica, electrónica). Se iniciarán las adecuaciones de terrenos y obras civiles en vías, descapote de terrenos, movimiento de tierras. Se iniciarán los procesos de compra de los equipos grandes, que requieren ser fabricados según las especificaciones para la Refinería, lo cual puede tardar entre 18 y 24 meses para su entrega y puesta en sitio.

Años 2010 – 2011: concentra el gran volumen de los trabajos de construcción y montaje de maquinarias y equipos. En el año 2010 se tendrá la mayor contratación de mano de obra, con 3,840 trabajadores para todos los procesos de construcción.

SERVICIOS PÚBLICOS REQUERIDOS

El proyecto ha asegurado la disponibilidad de los servicios públicos requeridos para el funcionamiento adecuado de las plantas de producción, de las áreas administrativas, de mantenimiento y de soporte. Las capacidades en infraestructura de servicios públicos en la ZIM son adecuadas, tanto para la ejecución de este proyecto como para las posibles expansiones de otros usuarios.

Energía eléctrica: como se mencionó, la Refinería será autosuficiente en este insumo. Actualmente se cuenta con cinco turbinas a vapor, con una capacidad máxima de 22.5MW. Con la expansión, estas turbinas serán reemplazadas por cuatro nuevas turbinas a gas. Estas nuevas turbinas serán de alta eficiencia energética y confiabilidad. Se tiene previsto una inversión de USD$ 240MM, que garantizará una capacidad productiva del orden de 85 MW, con un consumo de gas natural equivalente de 51-58 mmpc/d[3].

Agua cruda: actualmente la Refinería consume aproximadamente 2.500 gpm[4] de agua cruda. La refinería ampliada demandará aproximadamente 6.000 gpm, aumento que se genera por la mayor capacidad de producción y la entrada en operación de la unidad de coquizamiento retardado (delayed coker).

[3] Millones de pies cúbicos por día.
[4] Galones por minuto.

El volumen incrementado será suministrado por Aguas de Cartagena S.A., E.S.P., empresa con la cual se concluirán las negociaciones y se perfeccionará el respectivo contrato, para efectos de garantizar la oportunidad y la confiabilidad del servicio.

Gas natural: actualmente la Refinería consume aproximadamente 14 mmpc/d de gas natural para la generación de energía. Con la ampliación, el consumo aumentará a 58 mmpc/d, ello debido por una parte al mayor requerimiento de generación de energía y por otra, por la nueva demanda para la producción de hidrógeno en el proceso de hidrotratamiento. El transporte de este insumo a la Refinería es realizado por Promigas S.A.

Otros servicios: se consideran los servicios de comunicaciones, internet, teléfonos fijos y celulares. La Refinería cuenta con un dominio propio para el servicio de internet, y la ciudad de Cartagena cuenta con varios operadores de telefonía, como Telecom, EPM, que pueden garantizar el suministro de estos servicios.

INVERSIÓN DEL PROYECTO

Una vez estructurado el proyecto, Refinería de Cartagena S.A. – REFICAR, decidió ejecutar el proyecto mediante un esquema de contrato BOMT, donde el contrato global de construcción fue otorgado a la firma CB&I de Chicago - USA, quienes serán los responsables por desarrollar todos los aspectos legales, de construcción e instalación de equipos, aspectos técnicos, operativos y ambientales que contempla en PMD-REFICAR.

A partir de los diseños definitivos de ingeniería del PMD se calcula que la inversión total del proyecto está sobre los US$ 2,600 millones, de los cuales US$ 866,8 millones corresponden a los nuevos cambios incorporados en la modificación de la Licencia Ambiental-

LICENCIAS Y PERMISOS AMBIENTALES REQUERIDOS PARA EL PROYECTO

La Empresa Colombiana de Petróleos – ECOPETROL formuló en 1996 el Plan Maestro de Desarrollo – PMD, adelantado por MW Kellogg, para la expansión de la capacidad de la Refinería a 140 KBPD. Ello, en desarrollo de los lineamientos de política nacional para el aseguramiento de la capacidad energética del país, expresados en el documento CONPES 2878 de octubre de 2006. Específicamente, se señala el compromiso de abastecimiento de combustibles para la Costa Atlántica.

El PMD plantea dos tipos básicos de actividades: la reconversión de las unidades existentes y el cumplimiento de la regulación ambiental en lo concerniente al control de las emisiones atmosféricas. En 1997 ECOPETROL adelantó la evaluación y formulación del Plan de Manejo Ambiental, teniendo en cuenta que las unidades existentes se ajustaban a las disposiciones establecidas en el Decreto 883 de julio de 1997. Por lo tanto, la iniciación de

las obras del proyecto, no quedaba sujeta a la obtención de Licencia Ambiental, por tratarse de un proyecto existente, previo a la Ley 99 de 1993. En ese sentido, el Ministerio del Medio Ambiente, hoy Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT -, mediante el Auto 831 del 11 de diciembre de 1997 declaró que las obras del PMD se acogían al Decreto mencionado y se podía adelantar su ejecución. Sin embargo, para la construcción de las nuevas unidades de proceso, debía continuarse el proceso de obtención de la Licencia Ambiental, de conformidad con el decreto 1753 de 1994.

Por ello, en 1997 ECOPETROL presentó el Estudio de Impacto Ambiental – EIA del proyecto y mediante la Resolución 1157 del 10 de Noviembre de 2000 el Ministerio del Medio Ambiente otorga la Licencia Ambiental Ordinaria para la "Construcción y Operación de Plantas nuevas en la Refinería de Cartagena", localizadas en la Zona Industrial de Mamonal, jurisdicción de Cartagena de Indias, Distrito Cultural y Turístico, en el Departamento de Bolívar. Posteriormente, esta Licencia Ambiental fue escindida a la sociedad REFINERIA DE CARTAGENA S.A. – REFICAR -, Resolución 0349 del 28 de febrero de 2007.

Una licencia ambiental ordinaria no otorga los permisos ambientales del caso para la construcción del proyecto; por ello, en el 2005 ECOPETROL solicitó y renovó ante CARDIQUE los permisos de vertimientos industriales y de emisiones atmosféricas, otorgados mediante la Resolución 0911 del 23 de noviembre de 2005 para un tiempo de cinco años. Así mismo, tal como se hizo para la Licencia Ambiental, ECOPETROL solicitó a CARDIQUE la cesión de los permisos para REFICAR, por lo cual la Corporación Autónoma emite la Resolución 0035 del 18 de enero de 2007.

Debido a los cambios realizados por parte de REFICAR sobre la configuración de la Refinería ampliada y con respecto al Plan Maestro de 1996, la Licencia Ambiental otorgada para el proyecto debe ser modificada para incluir las nuevas obras. Así mismo, REFICAR informará al Ministerio de Minas y Energía sobre la configuración definitiva del proyecto de expansión y los trabajos que se realizarán.

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Se adelantó una actualización de la línea base ambiental (con relación a la presentada en 1997 para el otorgamiento de la licencia), donde el estudio de la calidad ambiental de la Bahía de Cartagena fue adelantado por el INVEMAR (con monitoreos en tres momentos de distintas climatología - invierno, verano y transición), y se elaboró la caracterización socioeconómica del área de influencia del proyecto. Con base en los modelos ambientales de estimación de la afectación de la operación de la Refinería al medio ambiente y los recursos naturales, se determinó un área influencia directa que no supera los 2 Km. de distancia (basados en la generación de emisiones atmosféricas), área que queda comprendida en la zona industrial de Mamonal. Un aspecto relevante en cuanto a la calidad del aire es el estudio de efecto acumulativo que se adelantó para el presente EIA. La

construcción del proyecto, ampliación de la Refinería para la instalación de nuevas plantas, exige del permiso de aprovechamiento forestal, dada la cobertura vegetal actual del lote contiguo a las actuales instalaciones, en la ZIM. Las obras, al optimizar los espacios, exigirán también una modificación interna, en el predio de la Refinería, del cauce Arroyo Grande, el cual opera como medio de drenaje. Vale la pena destacar que el proyecto realiza un mejoramiento ambiental en los vertimientos industriales, actualmente con una carga de fenoles petrogénicos, los cuales con la ejecución del proyecto serán controlados y minimizados.

Se identificaron y evaluaron los impactos ambientales del proyecto en la situación incremental, esto es, de comparación frente a los actuales impactos que tiene la operación de la Refinería. Se concluye que el proyecto, por consistir en una ampliación, modernización y optimización de los procesos de refinación, logra el mejoramiento del desempeño ambiental de la Refinería, teniendo en cuenta que la tecnología a implementar se enmarca bajo los conceptos de producción más limpia, eficiencia energética y optimización del consumo de agua. Adicionalmente, es significativa la mejora en la calidad ambiental de los productos de la Refinería. La ejecución del proyecto permite que se dé cumplimiento a la legislación ambiental establecida en cuanto a la reducción de contenidos de azufre en gasolina y diesel.

La zonificación ambiental del proyecto establece como área de exclusión, que no puede ser intervenida la correspondiente a la franja del arroyo grande, al cual se le modifica el cause dentro del predio de la Refinería, por efectos de la optimización del espacio en los diseños de ubicación de las nuevas plantas. El área de intervención comprende un total de 135 hectáreas de acuerdo al plot plan del proyecto. Con respecto a la demarcación de áreas de intervención restringida, se muestra que esta tipología no está presente en el proyecto.

El EIA estructura el Plan de Manejo Ambiental en forma de fichas de trabajo, para la prevención, minimización y control de los impactos ambientales y sociales del proyecto, en las etapas de construcción, operación y cierre. Así mismo, el estudio integró la política EHS - Ambiente, Higiene y Seguridad de REFICAR en el plan de manejo ambiental.

Con base en lo anterior, se definió el Plan de seguimiento y monitoreo ambiental para el proyecto, en aspectos generales –ordinarios y específicos, como el control a los vertimientos en carga de fenoles, calidad de las emisiones atmosféricas, seguimiento a la calidad ambiental de la Bahía de Cartagena. Tanto en la etapa de construcción como de operación se encuentra el monitoreo sobre los niveles de ruido, con afectación al ambiente durante el día en la ZIM – área de influencia directa y población en general, habitantes de la comuna 11 del Distrito de Cartagena. Con relación al Plan de Contingencia, ECOPETROL S.A., ha manejado en la Refinería de Cartagena un plan de contingencia empresarial, al cual REFICAR se integra. Sin embargo en el EIA, se realizó un análisis de riesgos en la situación incremental del proyecto, enfocado hacia el manejo de materias primas y productos y También, se revisaron aspectos de seguridad industrial, en la misma situación.

El estudio incluye el diseño del Plan de abandono y restauración de la zona, cuando se cumpla la vida útil del proyecto, que se vislumbra a un período de operación de 30 años.

Una vez se obtenga esta modificación, REFICAR solicitará ante la Oficina de Planeación Distrital de Cartagena (Curaduría Urbana) el permiso de construcción.



CAPITULO 1: GENERALIDADES

Agosto de 2008

1 GENERALIDADES SOBRE LA REFINERÍA DE CARTAGENA Y LA ESTRUCTURACIÓN DEL PROYECTO DE MODERNIZACIÓN

1.1 Introducción

Desde 1956, el establecimiento por parte de INTERCOL de la Refinería en Mamonal, que fuese localizada en un área ubicada al suroccidente de Cartagena y frente a la Bahía, marcó un hito de gran relevancia para el desarrollo industrial de la zona de Cartagena, al situarla como un importante polo de desarrollo industrial y portuario del país y mas recientemente con ocasión de consolidarse los diferentes escenarios de libre comercio con varios países de la región del Caribe, se puede considerar como una de las zonas industriales mas competitivas, dada su capacidad de consolidar los procesos de apertura económica en curso.

Actualmente la Zona Industrial de Mamonal – ZIM integra a más de 60 plantas industriales y agroindustriales, buena parte de ellas posicionadas como importantes para los distintos subsectores de la economía, pero especialmente para la industria petroquímica a nivel nacional, con sus derivados – plásticos y pinturas. Así mismo, en la ZIM se localizan las dos zonas francas industriales y de servicios de Cartagena y las instalaciones portuarias de la ciudad.

En 1974 ECOPETROL adquirió la Refinería. Construida inicialmente con una capacidad de carga de 26,3 KBPD; posteriormente y desde esa época, la Refinería ha venido evolucionando mediante la realización de varios proyectos de optimización y ampliación, hasta aumentar su capacidad a los actuales 77 - 80 KBPD.

Como resultado de las intervenciones adelantadas por ECOPETROL, actualmente la Refinería cuenta con cuatro plantas de proceso correspondientes a la planta de crudo, la unidad viscorreductora, la unidad de “cracking” y la planta de polimerización; de forma complementaria, la refinería cuenta con unidades de tratamiento y de recuperación de azufre, además de unidades de servicios de operación que proveen servicios como generación de aire comprimido, producción de vapor, suministro de agua para diferentes usos y energía eléctrica. Se igualmente con instalaciones para el almacenamiento y trasiego por bombeo de materias primas y productos, y un sistema de tratamiento de aguas residuales.

En función de los procesos mencionados y de la capacidad instalada, la refinería produce hoy en día combustibles como gas propano, gasolinas (regular y extra), turbocombustible, queroseno, ACPM, diesel marino, arotar, combustóleo, fuel oil intermedio-IFO, asfalto y azufre. Así mismo y por su ubicación estratégica, la Refinería tiene una vocación exportadora, a la vez que mezcla y/o optimiza la calidad de los productos que llegan por vía fluvial desde Barrancabermeja, para adecuarlos a las especificaciones que demandan los mercados internacionales, con un nivel de ventas que equivale al 55% de su producción.

En 1996, ECOPETROL solicitó a MW Kellogg, el diseño del Plan Maestro de Desarrollo de la Refinería (PMD), considerando para esos fines, elevar la capacidad de refinación hasta un máximo de 140 KBPD. Este estudio fue posteriormente actualizado en el 2000 por Shell Global Solutions Internacional, producto de lo cual se incorporaron nuevos procesos concernientes a la producción de combustibles limpios (bajos en azufre) y se estudió una posible integración de la Refinería a una planta de Olefinas.

Las premisas de dicho estudio fueron: i) cumplir con la legislación prevista o proyectada sobre la **calidad** de productos combustibles al año 2025, ii) atender las proyecciones en **cantidad,** de futuras demandas de productos a mediano plazo, y confirmar la viabilidad de un nivel de carga óptimo de 165 KBPD, iii) **optimizar** el margen bruto de operación de la Refinería mediante la composición de un portafolio de crudos pesados, de menor valor, y iv) orientar la operación de la Refinería hacia una estrategia más **competitiva** y eficiente en términos de su eficiencia energética.

Los ejercicios adelantados y los resultados del estudio reseñado permitieron viabilizar el Plan Maestro de Desarrollo (PMD) desde los puntos de vista técnico, operativo, económico y estratégico, producto de lo cual se consiguió elevar el interés de la modernización a las mas altas esferas del mundo energético del país, haciendo de la misma una operación muy atractiva incluso para inversionistas privados.

Como resultado de las acciones previstas, ECOPETROL decidió seguir adelante con el desarrollo de la ingeniería básica del proyecto, en su momento adelantada por la unión temporal Technip Italy - Tipiel S.A., en función de la cual se definió un valor total de inversiones del orden de los US$ 806 millones, con un nivel de incertidumbre de ± 10% y como consecuencia de los evaluado, el Gobierno Nacional, mediante los documentos CONPES 3312 de 2004 y 3312 de 2005, definió y decidió promover la vinculación al proyecto de modernización de la refinería, de un inversionista estratégico para garantizar el PMD, a la vez que decidió promover la escisión de los activos de la Refinería actual, mismos que se traducirían en la participación accionaria de ECOPETROL en una nueva empresa, producto de lo cual consideró igualmente la posibilidad de introducir cambios en la configuración técnica del PMD.

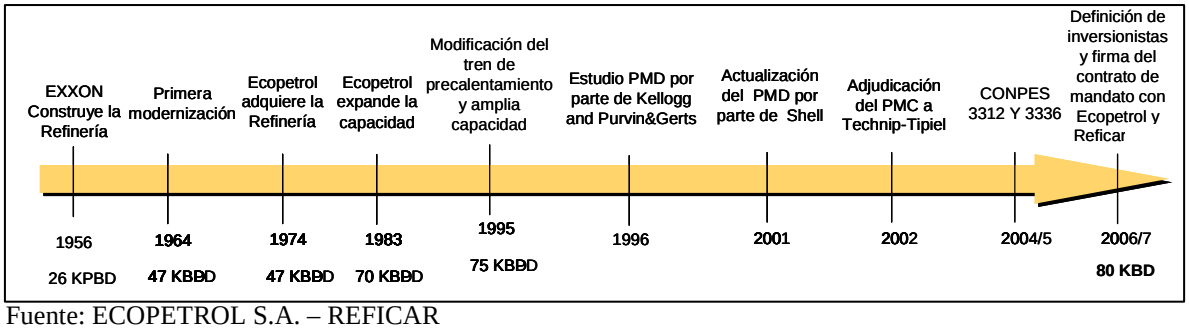
Para los fines descritos, se contrató una banca de inversión integrada por el ABN AMRO BANK y la firma consultora SUMATORIA. De los procesos de solicitud de ofertas cerradas y audiencia de adjudicación para la vinculación de un socio estratégico privado, que fueron adelantados en el 2006, surgió la sociedad Refinería de Cartagena S.A. – REFICAR (2207), donde ECOPETROL tiene una participación del 49% con un aporte de capital de hasta US$ 630 millones y la compañía suiza Glencore International - AG ingresó con el aporte del 51% restante. Adicionalmente, ECOPETROL tiene aprobado aportes de capital para la ejecución del PMD por un valor adicional de máximo US$ 250 millones.

Actualmente y en función de los diseños definitivos de ingeniería del PMD se calcula que la inversión total del proyecto podría llegar a alcanzar los US$ 2,600 millones.

Una vez estructurado el proyecto, Refinería de Cartagena S.A. – REFICAR, decidió ejecutar el proyecto mediante un esquema de contrato BOMT, donde el contrato global de construcción fue otorgado a la firma CB&I de Chicago - USA, quienes serán los responsables por desarrollar todos los aspectos legales, de construcción e instalación de equipos, aspectos técnicos, operativos y ambientales que contempla en PMD-REFICAR.

A continuación se presenta un recuento histórico sistemático sobre el desarrollo de la Refinería de Cartagena.

Figura 1-1 Evolución histórica de la Refinería de Cartagena



Fuente: ECOPETROL S.A. – REFICAR

1.2 Objetivos.

El estudio de impacto ambiental – EIA tiene como objetivo identificar y evaluar la afectación ambiental que surge con el desarrollo del proyecto – PMD - REFICAR, en una comparación con la situación actual, de operación de la Refinería de Cartagena y de calidad ambiental del entorno en la Bahía de Cartagena y la zona industrial de Mamonal – ZIM, en la ciudad de Cartagena. Con base en el estudio anterior, el objetivo es formular el plan de manejo ambiental – PMA, cuya adopción e implementación permitirá prevenir, minimizar, controlar los impactos ambientales. Así mismo, los análisis efectuados tenían como objetivo sustentar la viabilidad técnica, ambiental y económica del proyecto – PMD REFICAR.

Los objetivos de este proyecto son:

- Cumplir, en términos de cantidad y calidad, con los requerimientos de la demanda nacional por productos refinados, en los mercados de la zona de abastecimiento de combustibles de la Refinería,
- Cumplir con los requerimientos internacionales de calidad, en especial los del mercado objetivo USGC - Costa del Golfo de los Estados Unidos,

- Aumentar al máximo, técnicamente, ambiental y económicamente posible, la conversión del esquema operativo a productos valiosos, de mayor valor agregado,
- Aumentar la capacidad de refinación, mediante la integralidad de las unidades operativas,
- Ofrecer materias primas para la industria petroquímica del país,
- Aumentar la confiabilidad y eficiencia de la operación de la Refinería, para mejorar la posición competitiva y la rentabilidad,
- Cumplir con todos los requerimientos ambientales internacionales, específicamente los recomendados por la Corporación Financiera Internacional - IFC.

1.3 Antecedentes al EIA – modificación de la licencia ambiental

El equipo de trabajo para el EIA adelantó una revisión del expediente y los actos administrativos proferidos por el MAVDT con relación a la Refinería de Cartagena y el proyecto PMD, tanto bajo la gerencia de ECOPETROL S.A. como a partir de la creación de REFICAR. Se anota la siguiente secuencia de hechos y de normas aplicadas:

- ECOPETROL S.A. inicia el trámite de licenciamiento del proyecto ante el hoy MAVDT el 8 de agosto de 1995. Las normas vigentes en ese momento son la Ley 99 de 1993 y el Decreto 1753 de 1994. Con fundamento en este Decreto el MAVDT profiere el Auto 238 de 1996, el cual establece que se requiere licencia ambiental para el desarrollo del PMD para la Refinería de Cartagena.
- El MAVDT mediante Auto No. 831 del 11 de noviembre de 1997, acogió los parámetros establecidos en el Decreto No 883 del 31 de marzo de 1997, para los mejoramientos de procesos en la Refinería de Cartagena, i) destilación primaria de crudo, mediante la modernización de la unidad de destilación combinada, ii) refinación de fondos, mediante la modernización de las unidades viscorreductora y de ruptura catalítica.
- ECOPETROL remitió al MAVDT el Estudio de Impacto Ambiental y el Plan de Manejo de Ambiental de la Refinería, mediante comunicado del 18 de marzo de 1998.
- El MAVDT otorgó licencia ambiental a ECOPETROL para el proyecto de construcción y operación de plantas nuevas de la refinería de Cartagena, mediante Resolución 1157 del 2000. Es de señalar que aún se encontraba vigente el Decreto 1753 de 1994.
- El 18 de enero de 2007 los representantes legales de ECOPETROL y REFICAR solicitaron al MAVDT la cesión parcial a REFICAR de la licencia ambiental otorgada a ECOPETROL, mediante Resolución 1157 del 2000.
- El MAVDT otorgó la cesión parcial de la licencia ambiental a favor de REFICAR, mediante Resolución 349 de 2007, en el marco legal del Decreto 1220 de 2005, que reglamentó las licencias ambientales.
- El MAVDT, mediante los Autos 338 del 16 de febrero de 2007, 890 del 11 de abril de 2007 y el 1389 del 28 de abril de 2008, ha adelantado el seguimiento a la licencia ambiental otorgada. En el Auto 984 del 31 de marzo de 2008, declaró el cumplimiento de algunos de los programas del Plan de Manejo Ambiental.

Vigencia técnica de la licencia ambiental a la luz del PMD

La licencia ambiental como instrumento de gestión ambiental, surge con anterioridad a la Constitución Política de 1991 y la Ley 99 de 1993. Su ordenamiento jurídico se adelantó con base al Código Nacional de Recursos Naturales - Decreto 2811 de 1974.

La Constitución, con algunos artículos, fundamenta la imposición de las licencias, al hacer uso los proyectos de inversión de los recursos naturales, por lo tanto, se legitima este mecanismo. Veamos: el artículo 79 establece el derecho de los ciudadanos al medio ambiente y el deber que tiene el Estado de "proteger la diversidad e integridad del ambiente". Por otro lado, el artículo 80 complementa esta obligación al establecer que "El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución." Estos dos artículos demuestran claramente que el Estado tiene una obligación ineludible de velar por la protección del medio ambiente. Es claro que el propósito de las licencias ambientales es el de permitir que los particulares exploten los recursos naturales de una manera controlada y razonable.

El origen de las licencias se encuentra, como se señaló, en el Decreto 2811 de 1974. En el artículo 28 (el cual fue derogado por el artículo 118 de la Ley 99 de 1993) establecía que además de un estudio ambiental y ecológico, previo a la realización de una obra o del establecimiento de una industria o el simple desarrollo de alguna actividad, que tuviera algún efecto en los recursos naturales renovables, era necesario obtener una licencia. Como se verá posteriormente, no es que se hayan eliminado las licencias ambientales al haber derogado ese artículo, sino que ahora están reglamentadas por la Ley 99 de 1993 y los decretos que la desarrollan.

Esto demuestra que la licencia se diseñó para cumplir con la protección de los recursos naturales del país y, en particular, juega un papel importante por cuanto el responsable por el desarrollo del proyecto debe realizar el Estudio de Impacto Ambiental, tramitar la licencia e implementar las medidas necesarias para conservar el medio ambiente.

La definición de licencia ambiental está en el artículo 50 de la Ley 99 de 1993: "*Se entiende por licencia ambiental la autorización que otorga la autoridad ambiental competente para la ejecución de una obra o actividad, sujeta al cumplimiento por el beneficiario de la licencia de los requisitos que la misma establezca en relación con la prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de los efectos ambientales de la obra o actividad autorizada*."

Una característica importante, que aplica para el PMD-REFICAR es que sólo se podrá exigir una licencia ambiental por cada proyecto o actividad. Además de eso, cabe mencionar que el término de licencia ambiental corresponde a la duración del proyecto, obra o actividad.

El artículo 49 de la misma Ley, determina la obligatoriedad de licencias para "la ejecución de obras, el establecimiento de industrias o el desarrollo de cualquier actividad", que de acuerdo con la ley y los reglamentos, pueda producir "deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje". Es decir, este artículo establece a grandes rasgos para qué actividades o en qué circunstancias se debe tramitar una licencia. Aparentemente, si bien el campo de aplicación es amplio, hay que tener en cuenta que no está sujeto a interpretaciones subjetivas. Es por esto que, para que sea necesario tramitar una licencia, la entidad competente debe decir previamente que el proyecto requiere de una licencia, ya sea que lo desarrolle un particular o una autoridad pública. No puede la entidad imponer licencias a una actividad que no aparece en la ley o en los reglamentos.

Al respecto, la Ley 99 de 1993 establece cuándo se necesita de manera general licencia, pero no contiene una enumeración exhaustiva de las actividades. Esta enumeración se encuentra en el Decreto 1220 de 2005. Para el caso de la Refinería de Cartagena, el artículo 8 de este Decreto señala la competencia del MAVDT para otorgar de manera privativa la licencia ambiental para la construcción y operación de refinerías y los desarrollos petroquímicos que formen parte de un complejo de refinación. Así mismo, se dice que la única entidad que puede modificar una licencia ambiental, es aquella que la otorgó, de acuerdo a su competencia.

Es oportuno hacer referencia a la modificación que la Resolución 655 de 1994 hizo al Decreto 1753 de 1994 en cuanto al contenido de la licencia ambiental:

Artículo 1: Contenido de la Licencia Ambiental. Además de lo establecido en el artículo 3 del Decreto 1753 de 1994, la Licencia Ambiental contendrá lo relativo al uso, aprovechamiento o afectación de los recursos naturales renovables que se concede, y los requisitos, condiciones y obligaciones que debe cumplir el beneficiario para tal efecto.

Modificación de la Licencia Ambiental otorgada para el proyecto

Según el Decreto 1220 de 2005, la licencia ambiental otorgada al proyecto y materia de la modificación que ahora se solicita al MAVDT tiene su sustento en los numerales 1 y 2 del artículo 26 de esta norma:

1. *En consideración a la variación de las condiciones existentes al momento de otorgar la licencia ambiental.*
2. *Cuando al otorgarse la licencia ambiental no se contemple el uso, aprovechamiento o afectación de los recursos naturales renovables, necesarios o suficientes para el buen desarrollo y operación del proyecto, obra o actividad.*

Es decir, que se puede como parte de la modificación de la licencia ambiental solicitarse al MAVDT la incorporación de los permisos que contemplen el uso o afectación de los recursos renovables necesario para la obra o actividad.

Según el artículo 27 del Decreto 1220 de 2005 cuando se pretenda modificar una licencia ambiental, el beneficiario de esta deberá presentar su solicitud y allegar a la autoridad ambiental competente la siguiente información:

- La descripción de la(s) obra(s) o actividad(es) incluyendo planos y mapas de localización, el costo de la modificación y la justificación.
- El complemento del estudio de impacto ambiental que contenga la descripción y evaluación de los nuevos impactos ambientales si los hubiera y los ajustes a la propuesta del Plan de Manejo Ambiental que corresponda.
- Autoliquidación y dos copias de la constancia de pago del cobro por la prestación de los servicios de la evaluación de los estudios ambientales del proyecto, obra o actividad, para las solicitudes radicadas ante el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- En los casos de competencia del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el peticionario deberá también radicar una copia del complemento de los estudios respectivos ante las autoridades ambientales regionales con jurisdicción en el área de influencia directa del proyecto; con el fin de que se pronuncien sobre la modificación solicitada si a ello hay lugar, para lo cual contarán con un término máximo de treinta (30) días hábiles. El peticionario allegará la constancia de radicación con destino al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Presentada la solicitud con la totalidad de la información, la autoridad ambiental competente expedirá dentro de los diez (10) días hábiles siguientes a la radicación de la petición un acto administrativo por medio del cual se da inicio al trámite de modificación de licencia ambiental.
- El acto de inicio, se notificará y publicará en los términos del artículo 71 de la Ley 99 de 1993.
- Revisada la documentación entregada, se determinará si es necesario exigir el aporte de información adicional, caso en el cual se dispondrá hasta de treinta (30) días hábiles para solicitar al interesado que allegue la misma.

Una vez reunida toda la información requerida, la autoridad ambiental competente decidirá sobre la modificación o no de la licencia ambiental, en un término que no podrá exceder de veinte (20) días hábiles.

Inclusión de los permisos y autorizaciones como parte del alcance de la modificación de la Licencia Ambiental

Como parte del alcance de la modificación de la Licencia Ambiental existente, es el deseo de REFICAR solicitar que se incluyan los permisos y autorizaciones necesarias para

acceder al uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables requeridos o a ser potencialmente afectados por el proyecto, en el acto administrativo que otorgue el Ministerio. Para esos fines, a continuación presentamos los argumentos jurídicos que sustentan dicha solicitud.

La norma vigente que reglamenta las licencias ambientales es el Decreto 1220 de 2005. Esta norma deroga la noción de la licencia ambiental ordinaria (es decir aquella que no incluía los permisos ambientales según lo estipulado en el Decreto 1753 de 1994) conforme lo establece el inciso 2 del artículo 3 al siguiente tenor:

La licencia ambiental llevará implícitos todos los permisos, autorizaciones y/o concesiones para el uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales renovables, que sean necesarios para el desarrollo y operación del proyecto, obra o actividad.

Esta norma cambia totalmente el concepto que existía bajo la vigencia del Decreto 1753 de 1994, según la cual era a discreción del peticionario de una licencia, que se incluían los permisos ambientales en la licencia respectiva, en aquel entonces denominada licencia ambiental única, como ya se mencionó previamente, en desarrollo del artículo 59 de la Ley 99 de 1993 (que no ha sido derogado por ninguna norma o fallo jurisprudencial y por tanto se encuentra vigente) que señala lo siguiente:

Artículo 59. De la Licencia Ambiental Única. A solicitud del peticionario, la autoridad ambiental competente incluirá en la Licencia Ambiental, los permisos, concesiones y autorizaciones necesarias para adelantar la obra o actividad.

Bajo el Decreto 1220 de 2005, es una obligación de la autoridad ambiental que otorga la licencia ambiental el incluir los permisos ambientales. Así puede inferirse de la redacción de la norma citada y que se reitera para mayor claridad: "*La licencia ambiental llevará implícitos todos los permisos*". El verbo se encuentra en imperativo y aplicable a todas las decisiones sobre licencias ambientales que tomen las autoridades competentes hacia futuro.

En el caso concreto de REFICAR. esta no pudo en el momento del trámite inicial de licencia ambiental solicitar una licencia ambiental única por no ser partícipe de dicho trámite. Corresponde a REFICAR solicitar que se apliquen las normas vigentes tanto la opción establecida en la Ley 99 de 1993 de solicitar una licencia ambiental única como el imperativo existente en el Decreto 1220 de 2005 para que se incluyan los permisos ambientales en la modificación de la licencia ambiental solicitada.

Es pertinente señalar que uno de las razones que consagra el artículo 26 del Decreto 1220 de 2005 para la modificación de la licencia ambiental es la variación de las condiciones existentes al momento de otorgar la licencia ambiental. En este caso se observan cambios en las condiciones técnicas y jurídicas del proyecto que hacen necesaria la modificación. Esto en concordancia con el numeral 2 del mismo artículo que señala lo siguiente:

Artículo 26. Modificación de la licencia ambiental. La licencia ambiental podrá ser modificada en los siguientes casos:

(…)

2. Cuando al otorgarse la licencia ambiental no se contemple el uso, aprovechamiento o afectación de los recursos naturales renovables, necesarios o suficientes para el buen desarrollo y operación del proyecto, obra o actividad.

Se puede concluir de este artículo que en aquellos casos en que la licencia ambiental no contenga los permisos para uso de los recursos naturales (como es el caso de estudio que nos convoca) se podrá solicitar la modificación de la licencia para que se contemple el uso de dicho recursos, lo cual se hace solicitando la inclusión de los permisos dentro de la licencia ambiental.

Funciones del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT

Se considera apropiado complementar el fundamento legal que otorga al MAVDT la capacidad de tomar la decisión de incluir los permisos en la modificación de la licencia ambiental, citando las funciones legales del MAVDT consagradas en el artículo 5 de la Ley 99 de 1993 expresadas en los siguientes términos:

16) Ejercer discrecional y selectivamente, cuando las circunstancias lo ameriten, sobre los asuntos asignados a las Corporaciones Autónomas Regionales, la evaluación y control preventivo, actual o posterior, de los efectos de deterioro ambiental que puedan presentarse por la ejecución de actividades o proyectos de desarrollo, así como por la exploración, explotación, transporte, beneficio y utilización de los recursos naturales renovables y no renovables y ordenar la suspensión de los trabajos o actividades cuando a ello hubiese lugar;

…

31) Dirimir las discrepancias entre entidades integrantes del Sistema Nacional Ambiental, que se susciten con motivo del ejercicio de sus funciones y establecer criterios o adoptar decisiones cuando surjan conflictos entre ellas en relación con la aplicación de las normas o con las políticas relacionadas con el uso, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales renovables o del medio ambiente;

Es claro que el MAVDT tiene una amplia facultad discrecional para tomar las decisiones pertinentes en materia de uso de los recursos naturales y de dirimir los conflictos entre las diferentes entidades integrantes del SINA incluido el mismo MAVDT.

De manera complementaria, el artículo 9 del Decreto 1220 de 2005 excluye a las Corporaciones Autónomas Regionales de asumir cualquier tipo de competencia frente a las licencias ambientales que otorgue el MAVDT:

Parágrafo 4º. Las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales no tendrán las competencias señaladas en el presente artículo, cuando los proyectos, obras o actividades formen parte de un proyecto cuya licencia ambiental sea de competencia privativa del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Se considera por tanto que el MAVDT tiene todo el sustento legal para tomar las decisiones más apropiadas para el mejor manejo de los recursos naturales a través de la licencia ambiental como herramienta de gestión que bajo la legislación vigente debe incluir todos los permisos ambientales necesarios.

Concepto de la Corte Constitucional

La Corte Constitucional en repetidas ocasiones (C-554/07, C-931/06, C-579/01, C-1258/01, C-535/96 por mencionar algunas) ha sido reiterativa en señalar, a partir del artículo 288 de la Constitución Política de Colombia, que la armonía entre las entidades regionales y las nacionales se fundamenta en el impacto regional o nacional que pueda tener tal decisión. En el caso de estudio, no cabe duda que la Refinería de Cartagena es una actividad que tiene serias repercusiones en el ámbito nacional y de allí que la competencia para otorgar la licencia ambiental se encuentre en cabeza del MAVDT.

El Acto Administrativo

El profesor Gustavo Penagos en su obra *El Acto Administrativo,* analiza a profundidad la Teoría del Acto Administrativo, tomando como referentes a otros doctrinantes y a la jurisprudencia nacional e internacional. Se aportan a esta discusión algunos elementos tomados de este estudio debido a la responsabilidad que recae en el MAVDT en su doble calidad de autoridad ambiental y administrador de los recursos naturales y que amerita que se aporten elementos de juicio desde la perspectiva del derecho administrativo.

El acto administrativo es la manifestación de la voluntad del Estado que crea, modifica o extingue una situación jurídica. Con el transcurso del tiempo la voluntad del Estado ha dejado de ser absoluta y vertical para convertirse en un proceso más participativo y que puede ser modificado a solicitud de los particulares atendiendo a las normas que se encuentren vigentes y que aplican a casos específicos. Es claro que no puede predicarse la misma situación de un acto administrativo que prohibe la ejecución de actividades que atenten contra la vida de una persona, frente la autorización para el uso de un escenario público.

El acto administrativo en esencia es revocable o modificable por la misma entidad que lo emitió, siempre y cuando tenga un fundamento legal para dicha decisión y atienda lo relativo a los derechos individuales afectados. Para el caso concreto en estudio, el Decreto 1220 de 2005 establece que la modificación del acto administrativo que otorga la licencia ambiental puede ser impulsada a petición del beneficiario de la misma y que la autoridad ambiental procederá a la revocatoria de este acto administrativo cuando el beneficiario de la licencia ambiental haya incumplido cualquiera de los términos, condiciones, obligaciones o exigencias inherentes a ella consagrados en la ley, los reglamentos o en el mismo acto de otorgamiento.

Afirma el profesor Penagos que el acto administrativo posee autonomía propia una vez dictado e introducido en el ordenamiento jurídico; el autor de la decisión está desprovisto de poder sobre el acto desde el instante en que lo dicta, de tal manera que para volver sobre él tal autoridad deberá adaptar su conducta a las disposiciones normativas que hayan podido prever las condiciones en las cuales podrá "retomar" su competencia. En el caso de estudio, es la solicitud hecha por el beneficiario de la licencia ambiental la que le otorga de vuelta la competencia al MAVDT y compete entonces a esta entidad tomar las decisiones con fundamento en las normas vigentes. Por ende, corresponde al MAVDT resolver la solicitud hecha por el beneficiario de la licencia ambiental en el sentido de dar aplicación a las normas vigentes y que de no ser expresamente solicitadas por él podrían tomarse como una afectación negativa de los beneficios individuales otorgados previamente, pues la solicitud hecha por REFICAR conlleva el reconocimiento de que en el futuro debe atender la vigilancia que realice tanto el MAVDT como las autoridades locales competentes o delegatarias del MAVDT, para verificar el cabal cumplimiento de las obligaciones que se consagren en el nuevo acto administrativo. Esta nueva resolución conllevará una mayor carga para el peticionario por cuanto no vulnerará ningún derecho adquirido por ser este quien lo solicita.

De esta forma la solicitud hecha no solo está en congruencia con la función administrativa a cargo del Estado en cabeza del MAVDT, sino que también garantiza la protección de los derechos constitucionales tanto de la sociedad como del peticionario.

Estudio de impacto ambiental.

El estudio de impacto ambiental está definido por el Decreto 1220 de 2005 como el instrumento básico para la toma de decisiones sobre los proyectos, obras o actividades que requieren licencia ambiental y se exigirá en todos los casos en que se requiera licencia ambiental, de acuerdo con la ley y este reglamento. Este estudio deberá corresponder en su contenido y profundidad a las características y entorno del proyecto, obra o actividad, e incluir lo siguiente:

- Objeto y alcance del estudio.
- Un resumen ejecutivo de su contenido.

- La delimitación del área de influencia directa e indirecta del proyecto, obra o actividad.
- La descripción del proyecto, obra o actividad, la cual incluirá: localización, etapas, dimensiones, costos estimados, cronograma de ejecución, procesos, identificación y estimación básica de los insumos, productos, residuos, emisiones, vertimientos y riesgos inherentes a la tecnología a utilizar, sus fuentes y sistemas de control.
- La información sobre la compatibilidad del proyecto con los usos del suelo establecidos en el POT. Lo anterior, sin perjuicio de lo dispuesto en el Decreto 2201 de 2003.
- La información sobre los recursos naturales renovables que se pretenden usar, aprovechar o afectar para el desarrollo del proyecto, obra o actividad.
- Identificación de las comunidades y de los mecanismos utilizados para informarles sobre el proyecto, obra o actividad.
- La descripción, caracterización y análisis del medio biótico, abiótico, socioeconómico en el cual se pretende desarrollar el proyecto, obra o actividad.
- La identificación y evaluación de los impactos ambientales que puedan ocasionar el proyecto, obra o actividad, indicando cuáles pueden prevenirse, mitigarse, corregirse o compensarse.
- La propuesta de Plan de Manejo Ambiental del proyecto, obra o actividad que deberá contener lo siguiente:

    - Las medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos ambientales negativos que pueda ocasionar el proyecto, obra o actividad en el medio ambiente y/o a las comunidades durante las fases de construcción, operación, mantenimiento, desmantelamiento, abandono y/o terminación del proyecto obra o actividad;
    - El programa de monitoreo del proyecto, obra o actividad con el fin de verificar el cumplimiento de los compromisos y obligaciones ambientales durante la implementación del Plan de Manejo Ambiental, y verificar el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental establecidos en las normas vigentes. Asimismo, evaluar mediante indicadores el desempeño ambiental previsto del proyecto, obra o actividad, la eficiencia y eficacia de las medidas de manejo ambiental adoptadas y la pertinencia de las medidas correctivas necesarias y aplicables a cada caso en particular;
    - El plan de contingencia el cual contendrá las medidas de prevención y atención de las emergencias que se puedan ocasionar durante la vida del proyecto, obra o actividad;
    - Los costos proyectados del Plan de Manejo en relación con el costo total del proyecto obra o actividad y cronograma de ejecución del Plan de Manejo.

Participación ciudadana.

Dentro del procedimiento de licenciamiento ambiental es importante resaltar algunas de las disposiciones que contiene la Ley 99 de 1993 en el Título X con respecto a los modos y procedimientos para la participación ciudadana. En los procedimientos administrativos,

cualquier persona, natural o jurídica, tiene la posibilidad de intervenir, sin la necesidad de demostrar ningún interés jurídico, en las actuaciones administrativas iniciadas para la expedición, modificación o cancelación de licencias (artículo 69 Ley 99 de 1993). Toda decisión sobre el medio ambiente que "*ponga término a una actuación administrativa ambiental para la expedición, modificación, o cancelación de una licencia […] se notificará a cualquier persona que lo solicite por escrito, incluido el directamente interesado en los términos del artículo 44 del Código Contenciosos Administrativo y se le dará también publicidad en los términos del artículo 45 del Código Contencioso Administrativo*".

En relación con las comunidades minoritarias (negritudes e indígenas), es pertinente señalar que en la modificación de la licencia ambiental que se está solicitando no procede dicho requisito, toda vez que este sólo es exigible para aquellas áreas en dónde se encuentran comunidades reconocidas tanto por el Ministerio del Interior y Justicia como por el INCODER. Para el caso de la Refinería de Cartagena estas autoridades reconocieron que en la Zona Industrial de Mamonal (donde se ubica el proyecto) no existen comunidades tradicionales asentadas en esta zona. Por lo tanto, el presente EIA debe enmarcarse en el Plan de Ordenamiento Territorial de Cartagena –POT, para entender la razón de uso del suelo en la Zona Industrial de Mamonal y las consultas que el POT surtió cuando se estaba en el proceso para su declaración.

El importante resaltar que el desarrollo de este proyecto – PMD-REFICAR en la Zona Industrial de Mamonal tiene su fundamento en la clasificación del uso industrial que aporta el artículo 259 del POT del Distrito de Cartagena. Este artículo consagra que de acuerdo con el grado de homogeneidad, las características físicas y el impacto ambiental, social y urbanístico, el uso industrial se clasifica en los siguientes grupos:

- Industria 1: es aquella que por su bajo impacto ambiental y urbanístico se puede ubicar en espacios habilitados para tal efecto dentro de edificaciones comerciales o viviendas unifamiliares.
- Industria 2: es aquella que por su alto impacto ambiental y su mediano impacto urbanístico, es complementaria del uso comercial, no es compatible con el uso residencial y puede ubicarse en locales o bodegas independientes, en áreas con uso principal comercial.
- Industria 3: es aquella que por su alto impacto ambiental y urbanístico debe localizarse distante de los sectores residenciales y comerciales.

De esta forma, el PMD-REFICAR se encuentra en el grupo Industria 3 y de acuerdo con el parágrafo 2 del artículo 259 del POT de la ciudad de Cartagena, la Refinería sólo se podrá desarrollar en la Zona Industrial de Mamonal.

Es pertinente recordar que para la expedición del Plan de Ordenamiento Territorial de Cartagena, la Administración Distrital cumplió con los siguientes requisitos de trámite:

1. Concertación con la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique-CARDIQUE, entidad que declaró conforme con el proyecto presentado para su concertación y así lo manifestó mediante Resolución 0314 de 23 de mayo de 2001, "Por medio de la cual se declara concluido el proceso de concertación del Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Turístico y Cultural de Cartagena y se dictan otras disposiciones.";
2. Consulta ante el Consejo Territorial de Planeación, organismo que rindió concepto y formuló recomendaciones el 26 de julio de 2001, recomendaciones que a pesar de no ser de obligatorio cumplimiento, fueron acogidas en la medida en que no riñeran con los lineamientos técnicos generales del proyecto;
3. Consulta y participación de los gremios económicos, agremiaciones profesionales, entidades cívicas, comunitarias y Juntas Administradoras Locales, donde se surtió la publicidad del proyecto y consulta democrática desde el inicio del proceso de formulación del Plan de Ordenamiento Territorial en el año 1998 a través de los medios de comunicación, realizándose mesas de trabajo de concertación para recibir observaciones, inquietudes y comentarios, todos los cuales fueron estudiados y valorados por la Secretaría de Planeación y el equipo técnico que coordinaba el proceso. Posteriormente, se garantizó nuevamente la participación ciudadana mediante remisión de los documentos y la cartografía del proyecto del POT a la Cámara de Comercio de Cartagena desde el 1 de marzo de 2001 para que permanecieran expuestos para consulta de todos los interesados;
4. Presentación al Honorable Concejo Distrital de Cartagena, para el estudio del proyecto y la expedición del Acuerdo mediante el cual se adoptaba el Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito de Cartagena, el 3 de septiembre de 2001.

Reiterando de esta forma, la legalidad y la legitimidad del POT del Distrito de Cartagena, es oportuno analizar la situación de la Zona Industrial de Mamonal dentro de este sistema de ordenamiento territorial. El artículo 107 del POT establece que el objetivo a corto plazo del componente urbano es lograr el reconocimiento de la zona industrial, logística y portuaria de Mamonal como sistema urbano estructurante, y las actividades que en él se desarrollan como fundamentales para la economía local. Para ello, el artículo 197 señala que debe realizarse un mejoramiento integral de la Zona Industrial de Mamonal, atendiendo la delimitación del plano oficial de Tratamientos en Suelo Urbano y de Expansión.

Con relación a la participación ciudadana para un proceso de licencia, se cuenta con un instrumento que es la audiencia pública **(**art. 72 Ley 99 de 1993). Esta podrá celebrarse cuando haya una decisión ambiental en trámite y cuando haya sido solicitada por el Procurador General de la Nación o el Delegado para Asuntos Ambientales, el Defensor del Pueblo, el Ministro del Medio Ambiente, las demás autoridades ambientales, los gobernadores, alcaldes, o por lo menos cien personas o tres entidades sin ánimo de lucro. La audiencia se celebrará ante la autoridad competente para otorgar la licencia. En ésta, se recibirán informaciones y pruebas que se consideren conducentes para el caso y estas informaciones deberán ser tenidas en cuenta al momento de expedir la decisión administrativa, la cual deberá ser motivada. La celebración de la audiencia suspende los

términos del procedimiento de la licencia. Finalmente, también podrá celebrarse una audiencia cuando durante la ejecución de una obra, la violación de los requisitos exigidos o de las normas ambientales sea manifiesta.

Normatividad ambiental que aplica para el proyecto

Normatividad sobre emisiones atmosféricas

El compendio de normas ambientales que regulan las emisiones atmosféricas son:

- Decreto - Ley 2811 de 1974 — General
- Ley 9 de 1979 — General
- Decreto 02 de 1982 — Parcialmente vigente
- Ley 29 de 1992 — Aprueba Protocolo Montreal
- Decreto 948 de 1995 — Contaminación atmosférica
- Resolución 619 de 1997 — Permiso de emisiones
- Decreto 979 de 2006 — Calidad de aire
- Resolución 601 de 2006 — Calidad de aire y nivel inmisión
- Resolución 909 de 2008 — Estaándares de emisón admisibles

Para el caso del PMD-REFICAR, a continuación se hace mención específica de algunos apartes relevantes para el proyecto. La Ley 9 del 24 de enero de 1979, por la cual se dictan medidas sanitarias - sin ser inicialmente una norma ambiental no puede ser ignorada, contiene varios artículos que se refieren específicamente al aire o a las emisiones atmosféricas. En primer lugar, hay una parte dedicada exclusivamente al tema de las emisiones atmosféricas (artículos 41 -45, 48, 49 que fueron todos reglamentados por el Decreto 948 de 1995). El artículo 41 otorga la facultad de fijar las normas sobre calidad de aire al Ministro de Salud, teniendo en cuenta los postulados de la Ley 9 de 1979 y los artículos 73 a 76 del Decreto 2811 de 1974. En la actualidad, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial tiene la facultad para fijar las normas de emisión de sustancias contaminantes.

En la norma, se prohibe descargar al aire contaminantes en concentraciones y cantidades superiores a las establecidas en las normas (art. 43). Pero si se producen estas descargas y se supera el límite, se deberán utilizar sistemas de tratamiento que permitan cumplir los límites establecidos por las normas (art. 45). El artículo 46 es bien importante, pues señala que debe obtenerse un permiso previo para el funcionamiento, ampliación o modificación de toda instalación, que por sus características constituya o pueda constituir una fuente de emisión fija.

El Decreto 948 del 5 de junio de 1995, por el cual se reglamentan parcialmente la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto 2811 de 1974, los artículos 41 a 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979, y la Ley 99 de 1993 en relación con prevención y control de la contaminación atmosférica y con protección de la calidad del aire, es de vital importancia

por su carácter reglamentario y en términos generales hace una recopilación de las disposiciones para evitar la contaminación del aire. El primer artículo resume el contenido y objetivo del decreto: **"***El presente Decreto contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire, de alcance general y aplicable en todo el territorio nacional, mediante el cual se establecen las normas y principios generales para la protección atmosférica, los mecanismos de prevención, control y atención de episodios por contaminación del aire, generada por fuentes contaminantes fijas y móviles, las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire o niveles de inmisión, las normas básicas para la fijación de los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera, las de emisión de ruido y olores ofensivos, se regulan el otorgamiento de permisos de emisión, los instrumentos y medios de control y vigilancia, el régimen de sanciones por la comisión de infracciones y la participación ciudadana en el control de la contaminación atmosférica.*

El presente decreto tiene por objeto definir el marco de las acciones y los mecanismos administrativos de que disponen las autoridades ambientales para mejorar y preservar la calidad del aire, y evitar y reducir el deterioro del medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana ocasionados por la emisión de contaminantes químicos y físicos al aire; a fin de mejorar la calidad de vida de la población y procurar su bienestar bajo el principio del desarrollo sostenible."

A partir del segundo artículo, comienzan las definiciones de los conceptos relevantes para el tema. Por ejemplo, se definen aire, atmósfera, contaminación atmosférica, etc. El artículo 3 contiene las disposiciones generales sobre normas de calidad del aire, niveles de contaminación, emisiones contaminantes y ruido; determina cuáles son los contaminantes y qué tipos existen; los divide en contaminantes de primer y segundo grado. También establece cuáles son las actividades que deben ser especialmente controladas, por ser potencialmente dañinas; por ejemplo, la quema de combustibles o de bosques. Luego, determina cuáles son las clases de normas y estándares, por lo cual consideramos importante citar:

"*Artículo 5: De las distintas clases de normas y estándares. Las normas para la protección de la calidad del aire son:*

a. *Norma de calidad del aire o nivel de inmisión;*
b. *Norma de emisión o descarga de contaminantes al aire;*
c. *Norma de emisión de ruido;*
d. *Norma de ruido ambiental; y*
e. *Norma de evaluación y emisión de olores ofensivos.*

Cada norma establecerá los estándares o límites permisibles de emisión para cada contaminante, salvo la norma de evaluación de olores ofensivos, que establecerá los umbrales de tolerancia por determinación estadística."

El artículo siguiente de Decreto 948/95 determina que será el Ministerio del Medio Ambiente quien regule la materia de la primera norma citada a nivel nacional y las autoridades ambientales competentes a nivel regional. Pero cabe resaltar que a nivel regional las normas podrán ser más restrictivas que la norma nacional.

El Decreto 979 de 2006 establece la clasificación de "Áreas-Fuente" de contaminación

1. *Clase I-Áreas de contaminación alta:* aquellas en que la concentración de contaminantes, dadas las condiciones naturales o de fondo y las de ventilación o dispersión, excede con una frecuencia igual o superior al setenta y cinco por ciento (75%) de los casos de la norma de calidad anual. En estas áreas deberán tomarse medidas de contingencia, se suspenderá el establecimiento de nuevas fuentes de emisión y se adoptarán programas de reducción de la contaminación que podrán extenderse hasta por diez (10) años.
2. *Clase II-Áreas de contaminación media:* aquellas en que la concentración de contaminantes, dadas las condiciones naturales o de fondo y las de ventilación y dispersión, excede con una frecuencia superior al cincuenta por ciento (50%) e inferior al setenta y cinco por ciento (75%) de los casos la norma de calidad anual. En estas áreas deberán tomarse medidas de contingencia se restringirá el establecimiento de nuevas fuentes de emisión y se adoptarán programas de reducción de la contaminación que podrán, extenderse hasta por cinco (5) años.
3. *Clase III-Áreas de contaminación moderada:* aquellas en que la concentración de contaminantes, dadas las condiciones naturales o de fondo y las de ventilación y dispersión, excede con una frecuencia superior al veinticinco por ciento (25%) e inferior al cincuenta por ciento (50%) de los casos la norma de calidad anual. En estas áreas se tomarán medidas dirigidas a controlar los niveles de contaminación y adoptar programas de reducción de la contaminación, que podrán extenderse hasta por tres (3) años.
4. *Clase IV-Áreas de contaminación marginal:* aquellas en que la concentración de contaminantes, dadas las condiciones naturales o de fondo y las de ventilación y dispersión, excede con una frecuencia superior al diez por ciento (10%) e inferior al veinticinco por ciento (25%) de los casos la norma de calidad anual. En estas áreas se tomarán medidas dirigidas a controlar los niveles de contaminación que permitan la disminución de la concentración de contaminantes o que por lo menos las mantengan estables.

La Resolución 601 de 2006 establece la Norma de Calidad de Aire o Nivel de Inmisión en la cual se desarrollan los niveles máximos permisibles de contaminantes en la atmósfera, los procedimientos para la medición de la calidad del aire, los programas de reducción de la contaminación del aire y los niveles de prevención, alerta y emergencia y las medidas generales para su mitigación, norma aplicable a todo el territorio nacional

Normatividad sobre ruido

Como se señaló, el Decreto 948 de 1995 reglamenta la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. La Resolución 627 de 2006 desarrolla la reglamentación en materia de control de contaminación sonora. Estableció estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles dB(A), que para nuestro caso corresponde al sector C.

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en DB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	50
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	55
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	75
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	60
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	55
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre.	80	75
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55	50
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Aprovechamiento forestal

El Decreto 1791 de 1996 estableció cuatro clases de aprovechamiento forestal (artículo 5):

a) Únicos: los que se realizan por una sola vez, en áreas donde con base en estudios técnicos se demuestre mejor aptitud de uso del suelo diferente al forestal o cuando existan razones de utilidad pública e interés social. Los aprovechamientos forestales

únicos pueden contener la obligación de dejar limpio el terreno, al término del aprovechamiento, pero no la de renovar o conservar el bosque;

b) Persistentes: los que se efectúan con criterios de sostenibilidad y con obligación de conservar el rendimiento normal del bosque con técnicas silvícolas, que permitan su renovación. Por rendimiento normal del bosque se entiende su desarrollo o producción sostenible, de manera tal que se garantice la permanencia del bosque
c) Domésticos: los que se efectúan exclusivamente para satisfacer necesidades vitales domésticas sin que se puedan comercializar sus productos.

En el caso del PMD-REFICAR se requiere un permiso de un aprovechamiento forestal único, el cual es una aprobación previa por parte de la autoridad ambiental competente.

Normatividad sobre manejo de residuos sólidos

Sobre este tema se encuentra la Ley 430 de 1998, que contiene los siguientes artículos:

- Articulo 6º. Responsabilidad del generador
- Articulo 7º. Subsistencia de la responsabilidad
- Articulo 8o. Responsabilidad del receptor

Reglamentario de la Ley está el Decreto 4741 de 2005, con los siguientes artículos:

- Artículo 11°. Responsabilidad del generador
- Artículo 12°. Subsistencia de la responsabilidad
- Artículo 15°. Responsabilidad del fabricante o importador
- Artículo 18°. Responsabilidad del receptor
- Artículo 19°. De la responsabilidad acerca de la contaminación y remediación de sitios.

Entre los tratados y convenios internacionales aprobados por Colombia, hay dos que tienen relación con los residuos. El primero de ellos fue aprobado por la Ley 56 del 23 de diciembre de 1987, "Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino en la Región del Gran Caribe", con el "Protocolo relativo a la Cooperación para Combatir los Derrames de Hidrocarburos en la Región del Gran Caribe", firmado en Cartagena de Indias el 24 de marzo de 1983. El segundo es el convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, hecho en Basilea en 1989 y aprobado por la Ley 253 del 9 de enero de 1996.

El primer convenio tiene como objetivo principal proteger el medio ambiente en la zona del Caribe, debido a las características hidrográficas y ecológicas especiales de la región y su vulneración a la contaminación. Se aplica en toda la zona del Mar Caribe. Para poder lograr una protección adecuada, el convenio impone a las partes ciertas obligaciones como: "*1. Las Partes Contratantes adoptarán, individual o conjuntamente, todas las medidas adecuadas de conformidad con el Derecho Internacional y con arreglo al presente*

Convenio y a aquellos de sus Protocolos en vigor en los cuales sean Partes para prevenir, reducir y controlar la contaminación de la zona de aplicación del Convenio y para asegurar una ordenación racional del medio, utilizando a estos efectos los medios más viables de que dispongan y en la medida de sus posibilidades." Acto seguido, el convenio se ocupa de las diferentes posibilidades de contaminación; hace referencia a la contaminación proveniente de buques, de vertimientos, de actividades marinas, de fuentes terrestres y atmosféricas. Para promover la protección en ciertas zonas de características especiales, se propugna por la creación de zonas especialmente protegidas.

El Convenio prevé la colaboración de las partes para afrontar los casos de emergencia. Así mismo, contiene un mecanismo para la evaluación del impacto ambiental: "*En el marco de sus políticas de ordenación del medio, las Partes Contratantes se comprometen a elaborar directrices técnicas y de otra índole que sirvan de ayuda en la planificación de sus proyectos de desarrollo importantes, de manera que se prevenga o minimice su impacto nocivo en la zona de aplicación del Convenio.*" (Artículo 12). Esto impone la obligación de establecer unos criterios para que individualmente las partes lleven a cabo la evaluación del impacto ambiental cada vez que se vaya a afectar la zona de aplicación del tratado. En Colombia, ésta sería básicamente la misma obligación que contiene el procedimiento de las licencias de presentar un estudio de impacto ambiental, salvo que en este caso, además de seguir los parámetros del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, se deben seguir los parámetros impuestos por las partes del Convenio. En el presente EIA se efectúa el análisis y se observa que REFICAR está cumpliendo con todos los compromisos señalados por la legislación.

El segundo convenio es el Convenio de Basilea, de 1989. En Colombia fue adoptado mediante la Ley 253 de 1996. Este convenio tiene como tema principal la regulación del transporte transfronterizo de desechos peligrosos con el objetivo de proteger la salud humana y el medio ambiente. Partiendo de los principios de responsabilidad y soberanía, el Convenio establece que cada país debe ser responsable por la eliminación de los desechos producidos en su territorio y que puede prohibir la entrada o la eliminación de los desechos no producidos en su territorio. Para poder tener claridad de la clasificación de los desechos, el Convenio tiene varios anexos donde se enuncian las características que deben tener para ser considerados como peligrosos. Además, se incluye a los que hayan sido definidos o considerados como peligrosos por la legislación interna del Estado que sea exportador, importador o de tránsito. Quedan excluidos del Convenio los desechos del Anexo II, los radioactivos y los derivados de las operaciones normales de los buques, ya que estos desechos generalmente se encuentran regulados por otros convenios internacionales.

Existen varias obligaciones importantes derivadas del Convenio, por ejemplo, la obligación de comunicar la decisión de prohibir la importación de desechos peligrosos y la posibilidad de que las partes no permitan la exportación de desechos peligrosos si el Estado importador no ha dado su consentimiento. Un compromiso es el de tratar de reducir la generación de desechos peligrosos, establecer instalaciones adecuadas para el manejo de estos, y exigir

que se proporcione información sobre el movimiento transfronterizo. Como parte de las obligaciones, también se establece que se permita el transporte transfronterizo sólo si el Estado exportador no posee capacidad técnica para eliminar adecuadamente los desechos, si los desechos son utilizados como materia prima en el Estado importador, o si el movimiento transfronterizo se efectúa de acuerdo con otros criterios determinados por las partes. Un aspecto importante del Convenio es que determina cuándo y cómo se está frente al tráfico ilícito de desechos peligrosos.

El convenio está vigente y en consecuencia es aplicable en Colombia en todo lo que tenga que ver con el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos, ya sea como Estado exportador, importador o en tránsito.

El Decreto 2811 de 1974 - Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente, incluye a las basuras y residuos dentro los factores que tienen alguna influencia en los recursos naturales renovables y por lo tanto están sujetos a las disposiciones del Código (artículo 4). Luego, en el artículo 8, define más concretamente cuáles son los factores que deterioran el ambiente. El literal a) de este artículo define "contaminación" y "contaminante". Por contaminantes se entiende "cualquier elemento, combinación de elementos, o forma de energía que actual o potencialmente pueda producir alteración ambiental…La contaminación puede ser física, química o biológica." Pero además del literal a), el l) se refiere también a "la acumulación o disposición inadecuada de residuos, basuras, desechos y desperdicios."

Posteriormente, el Código en la Parte IV establece lo concerniente a las normas de preservación ambiental relativas a elementos ajenos a los recursos naturales. El Título III se refiere a los residuos, basuras, desechos y desperdicios. En este título, hay 5 artículos -del 34 al 38- que tratan de manera específica este tema. El artículo 34 trae ciertas reglas que deberán observarse en el manejo de los residuos. Tienden a utilizar los mejores métodos de acuerdo con los avances de la ciencia para la recolección, tratamiento, procesamiento y disposición final de los residuos, basuras, desperdicios y desechos de cualquier clase. Por otro lado, se busca también fomentar la investigación en estas áreas con el fin de perfeccionar y desarrollar nuevos métodos para eliminar y controlar los residuos y desechos.

Los otros artículos en este título se refieren a la prohibición de descargar residuos sin autorización, la idoneidad de los medios utilizados para disponer o procesar las basuras, la obligatoriedad de los municipios de organizar los servicios adecuados para recolección, transporte y disposición de basuras.

El Código de Recursos Naturales contiene unas normas que sin ser muy extensas ni específicas, presentan una serie de principios fundamentales que deben cumplirse en el manejo de los residuos sólidos. Estas normas no se contradicen con otras posteriores sino

que se complementan, pues como se verá más adelante, los decretos y resoluciones los desarrollan.

A partir del artículo 22, y hasta el 35, se trata el tema de los residuos sólidos, especialmente las basuras. Esta ley le atribuye la competencia de reglamentar el tema de las basuras al Ministerio de Salud. Así, dicho Ministerio debe determinar los sitios adecuados para separar las basuras y las reglas que se deben seguir en su almacenamiento para impedir la proliferación de insectos, roedores y enfermedades en general.

Estos artículos contienen normas importantes que van profundizando lo dispuesto por el Código de Recursos Naturales pues aunque no se establezcan todas las reglamentaciones debido a que la ley trata gran variedad de temas, por lo menos se establece cual es la entidad competente para actuar y controlar el manejo de los residuos. El contenido de los artículos 22 a 35 será estudiado a medida que se profundice en los diferentes aspectos de los residuos. Sin embargo, la Ley tiene algunas disposiciones particulares que veremos a continuación.

Residuos especiales y su manejo

Continuando con el orden cronológico que se aplicó en la sección anterior, en esta parte del análisis se hace referencia a las distintas reglamentaciones que tratan diferentes tipos de residuos. La primera de ellas es la Resolución 2309 del 24 de febrero de 1986 por la cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del Título III de la parte IV del Libro I del Decreto-Ley 2811 de 1974 y de los Títulos I, III, y XI de l Ley 9 de 1979 en cuanto a Residuos Especiales.

Los residuos a los que se aplica esta resolución son los que señale el Ministerio de Salud como residuos especiales de acuerdo con la potestad establecido en el artículo 31 de la Ley 9 de 1979. Complementando esta facultad, la resolución define residuos especiales como:

Artículo 2: Residuos Especiales. Para los efectos de esta Resolución se denominan residuos especiales los objetos, elementos o sustancias que se abandonan, botan desechan, descartan o rechazan y que sean patógenos, tóxicos, combustibles, inflamables, explosivos, radiactivos o volatilizables y los empaques y envases que los hayas contenido, como también los lodos, cenizas y similares.

Parágrafo: Quedan incluidos en esta denominación, los residuos que en forma líquida o gaseosa se empaquen o envasen.

En los artículos siguientes se determinan las características de cada uno de estos residuos. El manejo comprende las actividades de generación, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento, separación y disposición final (artículo 11).

Existe una clase de residuos que no se encuentran definidos en el artículo 2 sino que pero se describen en el artículo 12 y son los residuos incompatibles:

Artículo 12: Residuos incompatibles. Denomínense residuos incompatibles, aquellos que, cuando se mezclan o entran en contacto, pueden reaccionar produciendo efectos dañinos que atentan contra la salud humana, contra el medio ambiente o contra ambos.

Para determinar cuándo es posible la mezcla y cuando no, bajo qué condiciones se puede hacer, y entre qué sustancias, la Resolución contiene una serie de tablas con toda esta información de manera detallada.

Las personas que se encarguen del manejo de los residuos especiales deben cumplir con las disposiciones sanitarias del caso y además, serán responsables por cualquier tipo de contaminación o por las consecuencias que se pueden originar en la salud humana o sobre el medio ambiente (art. 21).

Manejo de escombros y materiales de construcción

Con relación a los escombros, se encuentra la Resolución 541 del 14 de diciembre de 1994, por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación. Siguiendo el patrón general de la mayoría de la legislación, el primer artículo contiene las definiciones necesarias para el tema, luego procede a enunciar las normas que se deben seguir con respecto al transporte, cargue, descargue y almacenamiento, dependiendo si son obras públicas, privadas (cada una tiene preceptos diferentes), y por último, la disposición final de los materiales. Posteriormente, la Resolución aborda el tema de las escombreras:

Artículo 3: Escombreras. Los municipios deben seleccionar los sitios específicos para la disposición final de los materiales y elementos a que se refiere esta Resolución, que se denominarán escombreras municipales. Esta selección se hará teniendo en cuenta los volúmenes producidos y características de los materiales y elementos, así como las distancias óptimas de acarreo.

Recurso hídrico: concesiones de aguas y vertimientos

El compendio de normatividad en el tema del recurso hídrico es el siguiente:

- Decreto-Ley 2811 de 1974: Código de recursos naturales
- Decreto 1541 de 1978: Aguas no marítimas
- Ley 9 de 1979: Código Sanitario
- Decreto 1594 de 1984: Usos agua y residuos líquidos
- Ley 373 de 1997: Uso eficiente y ahorro del agua

- Decreto 3100 de 2003: Tasas retributivas
- Decreto 155 de 2004 Tasas por uso del agua

El Título IX del Decreto 1541 de 1978 establece lo relativo a la conservación y preservación de las aguas y sus cauces. Comienza (Capítulo I) determinando cuáles son los principios generales. En aplicación del artículo 134 del Decreto 2811 de 1974, establece una clasificación de las aguas con respecto a los vertimientos, así:

- Clase I. No admiten vertimientos los siguientes cuerpos de agua:

    a. Las cabeceras de las fuentes de agua;
    b. Las aguas subterráneas;
    c. Los cuerpos de aguas o zonas costeras, utilizadas actualmente para recreación;
    d. Un sector aguas arriba de las bocatomas para agua potable, en extensión que determinará el INDERENA (hoy el Ministerio del Medio Ambiente, de acuerdo con el artículo 5° de la Ley 99 de 1993, numeral 25), conjuntamente con el Ministerio de Salud;
    e. Aquellos que declare como especialmente protegidos.

- Clase II. Cuerpos de aguas que admiten vertimientos con algún tratamiento. Pertenecen a la ésta los demás cuerpos de agua no incluidos en la Clase I, como lo es la Bahía de Cartagena y el caño arroyo grande.

La Sección I del Capítulo I del Título IX del Decreto 1541 trata del control de vertimientos. Comienza prohibiéndolos cuando no tienen tratamiento de residuos sólidos, líquidos o gaseosos, que puedan contaminar o eutroficar las aguas, causar daño o poner en peligro la salud humana o el normal desarrollo de la flora o fauna, o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos, so pena de que se declare la caducidad o se deniegue la concesión de aguas o el permiso de vertimiento. Los artículos 213 y siguientes determinan los requisitos para obtener un permiso de vertimiento, el cual tendrá un término máximo de 5 años, prorrogables, salvo por razones de conveniencia pública.

En cuanto a los vertimientos para uso doméstico y municipal, establece la Sección 2 que las concesiones que se otorguen con destino a la prestación de servicios de acueducto se sujetarán, además de lo previsto en el Título III Capítulo III, a las condiciones y demás requisitos especiales que fijen el Ministerio de Salud, el Instituto Nacional de Fomento Municipal y las Empresas Públicas Municipales. El artículo 221 fija los requisitos necesarios para iniciar la construcción, ensanche o alteración de habitaciones o complejos habitacionales o industriales, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 139 del Decreto 2811 de 1974.

Ahora bien, cuando las aguas servidas no puedan llevarse a sistemas de alcantarillado público, regirá lo dispuesto por el artículo 145 del Decreto 2811, es decir que su tratamiento deberá hacerse de modo que no se produzca deterioro de las fuentes receptoras, los suelos, la flora o la fauna. En todo sistema de alcantarillado se deberá someter los residuos líquidos a un tratamiento que garantice la conservación de las características de la corriente receptora con relación a la clasificación a que se refiere el artículo 205 del presente Decreto. Las características del efluente de la planta de tratamiento serán, como lo establece el artículo 224, fijadas por el INDERENA (hoy por el Ministerio del Medio Ambiente de acuerdo con el numeral 25 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993), en coordinación con el Ministerio de Salud, con base en la capacidad de autopurificación de la fuente receptora y con los demás aspectos a que se refiere el inciso 2 del artículo 211 de este Decreto.

La Sección 4 dispone lo relativo a vertimientos por uso industrial, en particular a las obligaciones que tienen los concesionarios de aguas para ese tipo de uso, como reciclarlas, tratarlas y evacuarlas mediante redes especiales. Ahora bien, las industrias que no puedan garantizar la calidad de las aguas dentro de los límites permisibles que se establezcan, sólo podrán instalarse en los lugares que indique el INDERENA (hoy el Ministerio), en coordinación con la Oficina de Planeación Municipal y el Ministerio de Salud. Para autorizar su ubicación en zonas industriales se tendrán en cuenta el volumen y composición de los efluentes y la calidad de la fuente receptora, conforme al artículo 141 del Decreto - Ley 2811 de 1974.

También se refiere a la conservación de las aguas la Ley 79 de 1986, que dispone la declaratoria de reserva forestal protectora, de los bosques y la vegetación natural cercanos a nacimientos de agua; cauces de los ríos, quebradas y arroyos, lagos, lagunas, ciénagas o depósitos de agua que abastezcan represas o estén destinados al consumo humano, agrícola, ganadero, o la acuicultura o para usos de interés social;

El Decreto 1594 de 1984 reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.

Como primera medida, es necesario aclarar que este Decreto se refiere a las EMAR como la "entidad encargada del manejo y administración del recurso", como el INDERENA, el HIMAT, las Corporaciones Autónomas Regionales de Desarrollo y la DIMAR. La Ley 99 de 1993 dio las funciones del INDERENA a las Corporaciones Autónomas Regionales y al Ministerio del Medio Ambiente (Artículos 31 y 5°) y acabó con esta entidad; pasó al IDEAM las funciones del HIMAT en materia de hidrología y meteorología (Artículo 17 Parágrafos 1 y 2), por lo cual las EMAR son ahora estas entidades y la DIMAR.

Aparte de las competencias generales del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en relación con todos los recursos naturales, son destacables para efectos del

tema de aguas continentales las siguientes, contenidas en el artículo 5° de la Ley 99 de 1993: 12: fijar las pautas generales para el ordenamiento y manejo de las cuencas hidrográficas; 25: prohibir, restringir o regular el vertimiento de sustancias causantes de degradación ambiental. Los límites máximos se establecerán con base en estudios técnicos, sin perjuicio del principio de precaución.

Las Corporaciones Autónomas Regionales son particularmente relevantes para el tema de las aguas no marítimas, las siguientes de las Corporaciones, establecidas en el artículo 31 de la Ley 99 de 1993: 9. Otorgar concesiones, permisos, autorizaciones y licencias ambientales para el uso, aprovechamiento o movilización de los recursos naturales renovables o para el desarrollo de actividades que afecten o puedan afectar el medio ambiente. Otorgar concesiones para el uso de aguas superficiales; 10. Prohibir, restringir o regular la fabricación, distribución, uso, disposición o vertimiento de sustancias causantes de degradación ambiental. Estos límites, restricciones y regulaciones en ningún caso podrán ser menos estrictos que los definidos por el Ministerio del Medio Ambiente; 11. Ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de las actividades de exploración, explotación, beneficio, transporte, uso y depósito de los recursos naturales no renovables, así como de otras actividades, proyectos o factores que generen o puedan generar deterioro ambiental. Esta función comprende la expedición de la respectiva licencia ambiental; 12. Ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, el suelo, el aire y los demás recursos naturales renovables, lo cual comprenderá el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos y gaseosos a las aguas en cualquiera de sus formas, al aire o a los suelos, así como los vertimientos o emisiones que puedan causar daño o poner en peligro el normal desarrollo sostenible de los recursos naturales renovables o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos. Estas funciones comprenden la expedición de las respectivas licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y salvoconductos; 18. Ordenar y establecer las normas y directrices para el manejo de las cuencas hidrográficas ubicadas dentro del área de su jurisdicción, conforme a las disposiciones superiores y a las políticas nacionales;

En cuanto al tema de obras, se tienen las siguientes funciones: 19. Promover y ejecutar obras de irrigación, avenamiento, defensa contra las inundaciones, regulación de cauces y corrientes de agua, y de recuperación de tierras que sean necesarias para la defensa, protección y adecuado manejo de las cuencas hidrográficas del territorio de su jurisdicción, en coordinación con los organismos directores y ejecutores del Sistema Nacional de Adecuación de Tierras, conforme a las disposiciones legales y a las previsiones técnicas correspondientes. Cuando se trate de obras de riego y avenamiento que, de acuerdo con las normas y los reglamentos requieran de licencia ambiental, ésta deberá ser expedida por el Ministerio del Medio Ambiente; 28. Promover y ejecutar programas de abastecimiento de agua a las comunidades indígenas y negras tradicionalmente asentadas en el área de su jurisdicción en coordinación con las autoridades competentes.

La Resolución 1779 de 1981 del INDERENA delegó funciones en materia de coordinación de acciones para la protección ambiental en los Directores Regionales, funciones que actualmente deben ser cumplidas por las Corporaciones Autónomas Regionales.

1.4 Alcances del estudio de impacto ambiental

El presente Estudio de Impacto Ambiental se presenta ante el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT, como requisito para la solicitud de modificación de la Licencia Ambiental otorgada a ECOPETROL, mediante la Resolución 1157 de 2000, y cedida parcialmente a la empresa Refinería de Cartagena S.A. – REFICAR, mediante la Resolución 349 de 2000, para el proyecto de ampliación y modernización de la Refinería de Cartagena.

El estudio se estructura de acuerdo a los términos de referencia HI-TER-1-07 del MAVDT, los cuales fueron acogidos mediante la Resolución 1269 de junio 30 de 2006, como sigue:

El primer capítulo contiene el análisis sobre la legislación ambiental que enmarca la solicitud de modificación de la licencia, se hace una descripción general sobre el proyecto – PMD-REFICAR, se informa sobre la localización de la Refinería en la zona industrial de Mamonal – ZIM, del Distrito de Cartagena de Indias y se dan las características generales de la línea base ambiental del proyecto.

El segundo capítulo trata sobre los procesos actual y futuro de operación de la Refinería de Cartagena, estableciendo el balance de masa y el seguimiento de las líneas de producción de refinados.

El tercer capítulo corresponde a la actualización de la línea base ambiental (con relación a la presentada en 1997 para el otorgamiento de la licencia), donde el estudio de la calidad ambiental de la Bahía de Cartagena fue adelantado por el INVEMAR (con monitoreos a lo largo de once estaciones tres épocas climáticas - invierno, verano y transición). En el mismo se presenta la caracterización socioeconómica del área de influencia del proyecto.

Con base en los modelos ambientales de estimación de la afectación de la operación de la Refinería al medio ambiente y los recursos naturales, se determina un área influencia directa que no supera los 2 Km. de distancia (generación de emisiones atmosféricas), área que queda comprendida dentro de la zona industrial de Mamonal.

Un aspecto relevante en cuanto a la calidad del aire es el estudio de efecto acumulativo que se adelantó para el presente EIA y que registra las proyecciones de calidad del aire de la ZIM y los potenciales aportes presentes y futuros de la refinería, considerando el efecto burbuja de las mismas.

Con respecto a la afectación de los recursos naturales, como demandas – uso y aprovechamiento de recursos, que hace la Refinería para sus procesos, el estudio presenta la cuantificación del potencial incremento o reducción de estas demandas frente a la situación actual de operación, donde en energía la Refinería será autosuficiente y generará la energía que demanda para sus procesos, en agua se garantiza el suministro de agua cruda por parte del operador del servicio Aguas de Cartagena S.A. – ESP y el gas natural es suministrado por Promigas S.A.

Aparte de lo señalado, la ampliación de la Refinería y la instalación de nuevas plantas, exige del permiso de aprovechamiento forestal, dada la cobertura vegetal actual del lote contiguo a las actuales instalaciones, en la ZIM. Así mismo, las obras, al optimizar los espacios, exigirán también la modificación dentro de terrenos propios, del curso del Arroyo Grande, el cual, además de ser típicamente un cauce de invierno, opera como medio de drenaje local hacia la Bahía de Cartagena.

Vale la pena destacar que el proyecto adelantará el mejoramiento ambiental integral en los vertimientos industriales, que se reconoce y por razones inherentes a la tecnología disponible, actualmente genera una carga de fenoles petrogénicos, mayor a la establecida por los parámetros nacionales e internacionales, Esta situación es conocida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo Territorial – MAVDT-, y por la corporación autónoma regional – CARDIQUE – entidad con la cual se está concertando el plan de cumplimiento, mismo que tendrá pleno desarrollo con la ejecución del proyecto.

El capítulo cuarto identifica y evalúa los impactos ambientales del proyecto en una situación incremental, esto es, de comparación frente a los impactos que actualmente registra la operación de la Refinería. Se concluye que el proyecto, por consistir en una ampliación, modernización y optimización de los procesos de refinación, logra el mejoramiento integral del desempeño ambiental de la Refinería, teniendo en cuenta que la tecnología a emplear se enmarca bajo los más altos conceptos de producción más limpia, al incluir claros criterios de eficiencia energética y optimización del consumo de agua. Adicionalmente, es significativa la mejora en la calidad ambiental de los productos de la Refinería, que los situará a los más altos estándares internacionales aplicables a los mismos.

Como consecuencia de lo planteado, la ejecución del proyecto finalmente permitirá que se en el país un adecuado cumplimiento de la legislación ambiental establecida en cuanto a la reducción de contenidos de azufre en gasolina y diesel y mas particularmente a los requerimientos establecidos en la Ley 1205 del 14 de Julio del 2008.

El capítulo cinco, presenta toda la evaluación ambiental del proyecto, mediante la identificación de los aspectos e impactos ambientales afectados en el desarrollo del mismo.

El capítulo seis presenta la zonificación ambiental, con la identificación de aquellas áreas, que en el contexto del manejo ambiental del proyecto, deberán ser tratadas como área de

exclusión y no podrán ser intervenidas. En el caso del proyecto, se detalla un área de intervención, que corresponde a un total de 135 hectáreas, conforme al plano 2-1 del proyecto. Para ello será necesaria la modificación del curso del Arroyo Grande, dentro de los terrenos de propiedad de la Refinería, al cual se le mantendrá en su nuevo curso una franja de protección conforme lo establecido por los decretos 2811 de 1974 y el 1541 de 1978, de 20 metros de ancho a los alrededores de su franja.

El capítulo siete contiene el plan de manejo ambiental; El mismo se presenta en forma de fichas de trabajo para la prevención, minimización y control de los impactos ambientales y sociales del proyecto, en las etapas de construcción y operación. Así mismo, este capítulo integra la política EHS - Ambiente, Higiene y Seguridad de REFICAR.

El octavo capítulo desarrolla el Plan de seguimiento y monitoreo ambiental del proyecto, en aspectos generales, ordinarios y específicos, como el control a los vertimientos, calidad de las emisiones atmosféricas y seguimiento a la calidad ambiental de la Bahía de Cartagena entre otros aspectos. De igual forma y tanto en la etapa de construcción como de operación se registra la propuesta para el monitoreo de los niveles de ruido ambiental.

Con relación al Plan de Contingencia, (capítulo nueve), ECOPETROL S.A., ha desarrollado en la Refinería de Cartagena un plan de contingencia empresarial, al cual REFICAR se integra. El EIA realiza un análisis de riesgos en la situación incremental del proyecto, enfocado hacia el manejo de materias primas y productos. También se revisan aspectos de seguridad industrial, en la situación incremental.

El capítulo diez presenta el diseño del plan de abandono y restauración de la zona, cuando se cumpla la vida útil del proyecto, donde se vislumbra un período de operación de mínimo 30 años.

1.5 Metodología para el EIA

La metodología que siguió el equipo de trabajo para los fines del desarrollo de la evaluación ambiental del proyecto y la actualización del plan de manejo ambiental, se definió con base en las consideraciones que efectúa la autoridad ambiental competente así como del cumplimiento de los requisitos que aplican las entidades financieras que aprobarán un préstamo para la ejecución del proyecto.

Para ello, se adoptó la Guía ambiental, de salud y de seguridad industrial para Refinerías del IFC (Internacional Finance Corporation – World Bank Group) que determina los parámetros de calidad del medio ambiente y en general, los principios y criterios de diseño del manejo integral de HSE para este tipo de proyectos, los cuales deberán ser aplicados a cabalidad y armonizados en su conjunto por parte de la Refinería de Cartagena S.A. para la viabilidad tanto legal como financiera del proyecto. También, la metodología incorporó la

importancia que para la Refinería de Cartagena S.A. tiene que el proyecto se desarrolle en aplicación de los principios de la política nacional de producción más limpia.

La metodología se resume en la siguiente figura, que muestra el proceso del desarrollo del EIA y el PMA de la Refinería de Cartagena S.A.:

Figura 1-2 Diagrama metodológico para la elaboración del EIA



Fuente: **Viña-Vizcaíno, Gerardo**.2005. Bases *conceptuales de auditoria ambiental, como un instrumento de prevención de la contaminación. Manual Introductoria.* Universidad de la Sabana, Escuela de Postgrados, Especialización en Ingeniería Ambiental, 68p.

Equipo de trabajo para la actualización de EIA

Para el desarrollo del estudio, Refinería de Cartagena S.A. asignó responsabilidades de dirección en la Vicepresidencia Operativa, a cargo de Luis Arroyave, y del gerente de EHS, Carlos Alonso. La empresa contrató a la firma Araujo Ibarra & Asociados S.A. - Unidad de Desarrollo Energético y Ambiental, para orientar el alcance de la actualización y el desarrollo de estudios específicos de línea base requeridos. El equipo de trabajo de esta Unidad contó para el EIA de REFICAR con la dirección de Gerardo Viña Vizcaíno, gerente de la Unidad, biólogo marino y especialista en gerencia de proyectos, y se conformó por los siguientes profesionales:

- Oscar Darío Amaya, abogado especialista en derecho económico, quien estuvo a cargo de la conceptualización y dirección del estudio jurídico del EIA.
- John Iván Nova, abogado master en derecho de los recursos naturales y especialista en derecho ambiental y derecho minero-energético, quien estuvo a cargo de desarrollar el estudio jurídico.
- Maria Isabel Escobar, ingeniera civil master en gestión social de proyectos, quien estuvo a cargo de los aspectos sociales del EIA.
- Carolina Ibarra, abogada especializada en Responsabilidad Social Empresarial, quien apoyó las actividades de participación ciudadana, políticas de responsabilidad social empresarial y programa de gestión social del EIA,
- Diana Ruíz Baena, economista especialista en finanzas y asuntos públicos a cargo de los análisis económicos y financieros del EIA, así como del componente de impactos económicos del proyecto en el contexto local, regional y nacional
- Jairo Aguilera, oceanógrafo, capitán de corveta (r), exdirector del CIOH de Cartagena, quien estuvo a cargo de la identificación y evaluación de los impactos ambientales.
- Víctor Arellano Peña, ingeniero químico experto en refinación de petróleo, gestión ambiental y planes de contingencia del sector petrolero, quien adelantó la revisión técnica integral del EIA.
- Henry Correa, ingeniero mecánico especialista en gerencia de empresas y seguridad integral (HSE), quien revisó y ajustó el análisis de riesgos, a la vez que revisó y actualizó el Plan de Contingencia para REFICAR.
- Laure Fontaine, ingeniera química especialista en ingeniería ambiental, quien estuvo a cargo de la consolidación de los procesos de la Refinería, a la vez que apoyó la evaluación de impactos y el análisis de riesgos.
- Henry Torres, ingeniero ambiental, quien adelantó la modelación de la calidad del aire y las proyecciones numéricas de los impactos acumulativos.
- Serguei Lonin, doctor en oceanología experto en modelaciones hidrodinámicas y oceanográficas, quien estuvo a cargo de la modelación del comportamiento de las eventuales descarga de contaminantes de la refinería en la Bahía de Cartagena.
- Richard Díaz, ingeniero químico especialista en ingeniería ambiental, coordinador del equipo de trabajo, a cargo de la estructuración de la línea base, integración de los

informes y producción del EIA, con una dedicación de tiempo completo para el proyecto,

- Luís Alejandro González, ingeniero civil y ambiental, quien apoyó a la dirección en los muestreos de línea base, y el análisis hidrológico complementario para la movilización del Arroyo Grande.
- Christian Martínez, biólogo marino, master en gestión ambiental, coordinador de muestreos Cartagena con la Refinería y de las labores de cuantificación forestal para los fines del aprovechamiento forestal, con una dedicación del 40% del tiempo.
- Antropóloga Judith Hernández Bacca, quien adelantó las labores de prospección arqueológica preliminares y gestionó las autorizaciones pertinentes ante el ICANH.



CAPITULO 2: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Agosto de 2008

2 DESCRIPCION DEL PROYECTO

2.1 Localización

El proyecto PMD – REFICAR se desarrollará en la actual Refinería de Cartagena y en un predio inmediatamente contiguo, hacia el costado este-oeste de la misma, en la Zona Industrial de Mamonal del Distrito de Cartagena de Indias – capital del Departamento de Bolívar. En el país, el departamento de Bolívar hace parte de la región de la llanura del Caribe, localizado entre los 07º 00' 03" y los 10º 48' 37" de latitud norte y entre los 73º 45' 15" y los 75º 42' 18" de longitud oeste (IGAC, 2006[5]). La Zona Industrial de Mamonal - ZIM, tiene una extensión de 14 kilómetros a lo largo de la Bahía de Cartagena y cuenta con un área aproximada de 3.100 hectáreas. Esta zona industrial limita por el norte con la ciudad de Cartagena (barrios Santa Clara, Campestre y Bellavista), por el sur con el corregimiento de Pasacaballos, por el oeste con la Bahía de Cartagena y por el este con algunos barrios aledaños, como Membrillal. La ZIM se integra administrativamente a la localidad 3 del Distrito, "Localidad Industrial y de la Bahía", y a la Comuna 11, según la conformación del distrito de Cartagena.

Figura 2-1 Localización del proyecto de REFICAR



Fuente: Araujo Ibarra & Asociados Proyecto EIA, imagen tomada de Google Earth, 2007

[5] Diagnóstico y Evaluación de la Calidad Ambiental Marina en el Caribe y Pacífico Colombiano. Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras. REDCAM 2006.

En relación con el desarrollo del proyecto, este se llevará a cabo en el mismo lote de la Refinería actual, extendiendo el área de operaciones hacia el este de la planta, para lo cual se rectificará dentro del propio terreno, el curso del Arroyo Grande. De igual forma, el proyecto se extenderá y desarrollará de forma complementaria, en las inmediaciones de la actual PTAR, lotes ambos de propiedad de REFICAR.

Para los fines de entender la distribución espacial a seguir para la ampliación de la refinería, esta se entiende conforme el plano 2-1 donde la referencia más cercana es hacia el norte del área actual de almacenamiento de crudos y balas de butano. Al este del predio de la Refinería se encuentra el carreteable-variante Mamonal-Gambote, al sur el carreteable-variante de Inversiones Cascabel y al oeste quedan las actuales instalaciones de la Refinería y la planta norte de Abocol. El proyecto de construcción será desarrollado por la firma CB&I.

2.2 Características del proyecto

ECOPETROL S.A. y GLENCORE INTERNATIONAL AG son los propietarios de Refinería de Cartagena S.A., sociedad que se constituyó para el desarrollo del proyecto y la futura operación de la Refinería. El proyecto, ajustado en su diseño y alcance por REFICAR, consiste en modernizar y aumentar las capacidades de destilación y de conversión de la actual Refinería de Cartagena. Sus objetivos y principales características son:

- **Aumentar la competitividad de la Refinería:**
  - En las economías de escala se pasa de una capacidad de 80 a 165 KBPD,
  - La conversión de productos aumenta de 74% a más de 95%, con la mayor generación de productos blancos valiosos (gasolinas y diesel), la desaparición del fuel oil y la nueva exportación de coque.
  - Se instala la última tecnología disponible en las plantas de proceso y en los servicios industriales, con un énfasis en la automatización de los procedimientos de control.
  - Se busca maximizar la confiabilidad operativa introduciendo dos unidades gemelas de hidrotratamiento.
- **Cumplir con las regulaciones ambientales:**
  - Desde la puesta en operación de la Refinería en 1956, la regulación ambiental nacional ha cambiado; el proyecto introducirá tecnologías, de forma que se asegure que las emisiones gaseosas y los efluentes líquidos, resultado de los procesos de refinación cumplan con todas las regulaciones nacionales y estén acordes con los objetivos ambientales de la organización. También, se busca que la Refinería se posicione en el cumplimiento de estándares internacionales que le permitan acceder a mercados externos.
  - El proyecto es indispensable para que la Refinería pueda responder a las especificaciones de calidad impuestos por la legislación nacional para la

distribución de gasolina y diesel, en cuanto a la reducción en el contenido de Azufre, para cumplir con las especificaciones nacionales e internacionales.

- **Generar excedentes de uso para la industria petroquímica:**
  - Se contará con al menos 40,0 KBPD para la planta de olefinas,
  - Se producirán 60,000 MT/A de propileno.

El Proyecto permitirá satisfacer el creciente mercado colombiano y los excedentes de productos de la Refinería serán exportados a mercados regionales del Caribe y latino América y el mercado objetivo es el altamente competitivo de la Costa del Golfo de los Estados Unidos. Para enfrentar este reto de competitividad, KBC Advanced Technologies Inc. desarrolló para REFICAR la consultoría de procesos, modeló y diseñó la configuración definitiva del proyecto, con lo cual se introdujeron modificaciones al PMD formulado por ECOPETROL en 1997. Según esta configuración, para el 2012 - puesta en operación del proyecto, la Refinería alcanzará una tecnología probada, dotada con los mejores elementos de diseño para su clase, y ello permitirá su posicionamiento internacional como una Refinería eficiente y rentable, líder a nivel latino americano.

A nivel económico, este proyecto ofrece para el país beneficios no sólo referidos a la expansión de la Refinería y su impacto sectorial de auto-abastecimiento, también, la irradiación del proyecto sobre el crecimiento económico de la región del Caribe. La diversificación de productos de la Refinería creará un incentivo regional para que otras empresas de la cadena petroquímica puedan crecer y expandir sus operaciones en Cartagena y Barranquilla, especialmente. Como resultado a mediano plazo, se tendrá una región más competitiva, con una posición sectorial fortalecida en el contexto de la economía colombiana, de mayor agregación de valor y empleo.

Al respecto, vale la pena señalar que actualmente la Refinería de Cartagena genera pérdida de valor para la empresa y no es lo suficientemente competitiva en el mercado de productos refinados[6]. Sí además se considera, la antigüedad de las tecnologías existentes en sus instalaciones y las nuevas restricciones ambientales, relativas al contenido de Azufre en gasolinas y diesel, la ejecución del proyecto de modernización de la Refinería se hace impostergable para el país; en la situación sin proyecto nos veríamos abocados al cierre definitivo de la Refinería, con un impacto social y económico negativo para la región del Caribe y en general para el país en el tema de autoabastecimiento de combustibles. Por lo anterior, el Plan Maestro de Desarrollo (PMD) de la Refinería de Cartagena S.A., se considera como estratégico para Colombia, pues i) aporta a la política sectorial de autoabastecimiento energético - al aumentar la capacidad de refinación con el mayor rendimiento en productos blancos (gasolinas, GLP y medios) e incrementar la expansión volumétrica de productos refinados, ii) responde a las metas ambientales de mejoramiento

[6] Tomado de la página web: http://www.ECOPETROL.com.co/contenido.aspx?catID=206&conID=37254, el 20 de Junio de 2008, online.

de la calidad de los combustibles, al reducir el contenido de Azufre en gasolinas, de 1,000 ppm actuales hasta 300 ppm para el consumo nacional y a 30 ppm para los productos de exportación, y en diesel, al pasar de 4,500 ppm actuales a 500 ppm para consumo nacional y a 30 ppm para los productos de exportación, y el proyecto, iii) aporta al crecimiento del PIB de Cartagena, en la medida en que el proyecto permite mejorar los indicadores financieros y operacionales de la Refinería.

La ampliación de la Refinería también hará posible que se puedan transformar los crudos nacionales, donde se proyecta un cambio en las canastas, lo cual permitirá aumentar la rentabilidad de la Refinería. Será más competitiva en la medida que realizará una mayor conversión hacia productos de mayor valor, como los combustibles que demanda el sector de transporte (el de mayor consumo a nivel nacional)[7]. Adicionalmente, la economía del proyecto se basa en minimizar los costos de inversión, alcanzar economías de escala, ganar eficiencias operacionales y obtener una rentabilidad mínima equivalente al costo de oportunidad de las inversiones.

Actualmente, la Refinería de Cartagena tiene, en forma general y resumida, cuatro unidades operativas: crudo - UDC, viscorreductora, cracking - URC y polimerización, en las cuales se procesan en promedio 80.000 barriles diarios de crudo, para transformarlo a productos como GLP, gasolinas, combustibles diesel, Jet A1 y combustóleo, entre otros. Cuenta con unidades de almacenamiento para crudos, GLP, butanos, gasolinas, diesel. De forma complementaria, están las plantas de amina y Azufre, la de servicios industriales, la planta de tratamiento de agua agrias y áreas para la remediación ambiental (land farming). Así mismo, están las instalaciones administrativas. La Refinería tiene líneas de transporte: el oleoducto Coveñas-Cartagena, el poliducto Cartagena-Baranoa, líneas de transferencia,

[7] Ibid.

Figura 2-2 Fotografías de la Refinería de Cartagena





Fuente: ECOPETROL S.A.

La Refinería recibe crudos, provenientes de los diferentes campos de producción de hidrocarburos en el interior de país, los cuales ingresan bien a través del oleoducto Coveñas-Cartagena o por cabotaje, en recorrido por el río Magdalena desde Barrancabermeja. Los productos refinados – de salida son transportados en el poliducto Cartagena-Baranoa y también por cabotaje.

Las plantas contempladas en el diseño de la ampliación se enuncian a continuación, comparando las actuales con las futuras:

Tabla 2-1 Plantas de la ampliación

Procesos	Configuración actual	Configuración 2012	Configuración 2012 respecto al alcance de la Licencia Ambiental (Resolución 1157 de 2000)		Valor estimado nuevas instalaciones para la modificación de la Licencia Ambiental (Millones)
			En Licencia vigente	Solicitud de modificación	
Destilación primaria	1 unidad	Se implementará una unidad adicional, para operar alternadamente.	1 sola unidad	1 unidad adicional	US $ 164.0

Procesos	Configuración actual	Configuración 2012	Configuración 2012 respecto al alcance de la Licencia Ambiental (Resolución 1157 de 2000)		Valor estimado nuevas instalaciones para la modificación de la Licencia Ambiental (Millones)
			En Licencia vigente	Solicitud de modificación	
Destilación al vacío	1 unidad	Se implementará una unidad adicional, para operar alternadamente.	1 sola unidad	1 unidad adicional	US $ 125.1
Tratamiento del destilado medio (diesel)	1 unidad de tratamiento con soda cáustica.	Se remplaza el tratamiento actual por 2 unidades de hidrodesulfurización (USLD1/2). Por confiabilidad de proceso, se instalarán 2 pequeñas en lugar de 1a grande licenciada.	Incluida	-	
Hidrotratamiento de la nafta	No existe.	1 nueva unidad de hidrotratamiento (NHT).	Incluida	-	
Isomerización C5/C6	1 unidad.	Será convertida en unidad de alquilación del reformado tipo BenzOut.	Incluida	-	
Reformado catalítico continuo de la nafta	No existe	1 nueva unidad.	Incluida	-	
Oxidación catalítica de mercaptanos (diesel)	1 unidad.	Será modificada (proceso Kero Merichem) y se ampliará su capacidad. Se cambia el licenciador del proceso a Kero Merichem por ser mas eficiente	Incluida	.-	
Hidrocraqueo.	No existe.	1 nueva unidad.	Incluida	-	

Procesos	Configuración actual	Configuración 2012	Configuración 2012 respecto al alcance de la Licencia Ambiental (Resolución 1157 de 2000)		Valor estimado nuevas instalaciones para la modificación de la Licencia Ambiental (Millones)
			En Licencia vigente	Solicitud de modificación	
Craqueo catalítico en lecho fluidizado	Unidad de ruptura catalítica (FCC)	Se modernizará y ampliará la capacidad actual mediante optimización interna del proceso (por revamping).	Incluida	-	
Preparación de aditivos para Gasolina	1 unidad de polimerización	La unidad existente será remplazada por una planta de alquilación con HF y no se monta la planta MTBE, gracias a la alquilación introducida.	Incluida junto con planta de MTBE	-	
Hidrodesulfurización de la nafta de la FCC	No existe.	1 nueva unidad, que utilizará la tecnología CDTech® (destilación catalítica).	-	1 nueva unidad	US $ 50.0
Unidad de viscorreducción	1 unidad	Se quedará en stand-by.	Incluida	-	
Coquización retardada.	No existe.	1 unidad, que remplazará la unidad de viscoreducción.	-	1 nueva unidad	US $ 210.4
Isomerización C4 (para alquilación).	No existe.	Se incluye una nueva unidad (Butamer).	-	1 nueva unidad	US $ 18.5
Preparación de gasolina.	Existe.	Se ampliará la capacidad actual.	Incluida	-	
Preparación de diesel/queroseno.	Existe.	Se ampliará la capacidad actual.	Incluida	-	
Preparación de propano/propileno, incluyendo la concentradora de propileno.	Existe.	Se ampliará la capacidad actual.	Incluida	-	

Procesos	Configuración actual	Configuración 2012	Configuración 2012 respecto al alcance de la Licencia Ambiental (Resolución 1157 de 2000)		Valor estimado nuevas instalaciones para la modificación de la Licencia Ambiental (Millones)
			En Licencia vigente	Solicitud de modificación	
Oxidación catalítica del azufre	1 planta de azufre.	Se remplazará la existente por 3 nuevas unidades de azufre.	Incluidas 2	1 nueva unidad	US $ 27.5
Planta de generación y purificación de hidrógeno	No existe.	1 nueva unidad de *steam reforming* a partir de gas natural y unidad de purificación con tecnología PSA.	Incluida	-	
Planta de saturación de gas	No existe.	1 unidad.	-	1 nueva unidad	US $ 24.3
Sistema de seguridad	1 tea	Se cambiará tea actual e instalará una adicional.	Incluida	-	
Sistema de tratamiento de aguas residuales	Existe.	Se remplazará por una nueva unidad, modificando y optimizando configuración actual.	Incluida	-	
Servicios industriales	Existen.	Acorde con especificaciones de la planta	Incluida	-	
Almacenamiento de derivados líquidos y gaseosos	Existe.	Acorde con especificaciones de la planta, se incrementará en aproximadamente 2 millones de barriles.	Incluida	Ampliada en 2 millones de barriles.	US $ 178.4
Almacenamiento de derivados sólidos.	No existe	Se incluirá patios de almacenamiento y manejo (banda transportadora encapsulada) de coke y Azufre líquido o sólido (por confirmar) .	No incluido	Capacidad de 176K ton para coke y 22.5K ton para Azufre.	US $ 68.7

Procesos	Configuración actual	Configuración 2012	Configuración 2012 respecto al alcance de la Licencia Ambiental (Resolución 1157 de 2000)		Valor estimado nuevas instalaciones para la modificación de la Licencia Ambiental (Millones)
			En Licencia vigente	Solicitud de modificación	
Unidades de Generación	Existe con capacidad instalada de 22.5 MWatts.	Se instalarán 4 turbogeneradores de 21.6 MWatts.	Incluida con adición de 52 MWatts adicionales.	-	
VALOR TOTAL DE LA INVERSIÓN ESTIMADA (MARGEN DEL 10%) PARA LA MODIFICACIÓN					**US $ 866.8**

Fuente: REFICAR

El proyecto de ampliación y modernización de la Refinería es realizado por la firma Chicago Bridge & Iron - CB&I, con el desarrollo de la ingeniería de detalle, el proceso de adquisición e instalación de equipos y la etapa de construcción y pruebas de operación. Según el cronograma de trabajo, la construcción se inicia en el primer trimestre del 2009 y va hasta diciembre del 2011. Durante este tiempo, la Refinería continúa en operación, pero a partir de enero del 2012 entrará en plena operación la nueva configuración, con las ampliaciones y transformaciones. A la fecha, se estima que la inversión total requerida por el proyecto, incluyendo el componente incremental de capital de trabajo asciende a US$ 2.780 millones, de los cuales el valor estimado para la modificación de la Licencia Ambiental es de US$ 866.8 millones.

A continuación se presenta una breve descripción del plan de ejecución del proyecto:

Año 2008:

Se realizará la ingeniería básica de procesos licenciados y no licenciados, estudios de integración de unidades nuevas y viejas y desarrollo y simulación de modelos de operación, principalmente entre otros. Este año no se realizará ninguna construcción.

Año 2009:

Se realizará la ingeniería detallada para todas las especialidades (civil, mecánica, eléctrica, electrónica, etc.). Se iniciarán adecuaciones de terrenos y algunas obras civiles tales como vías, descapote de terrenos, movimiento de tierras, etc.

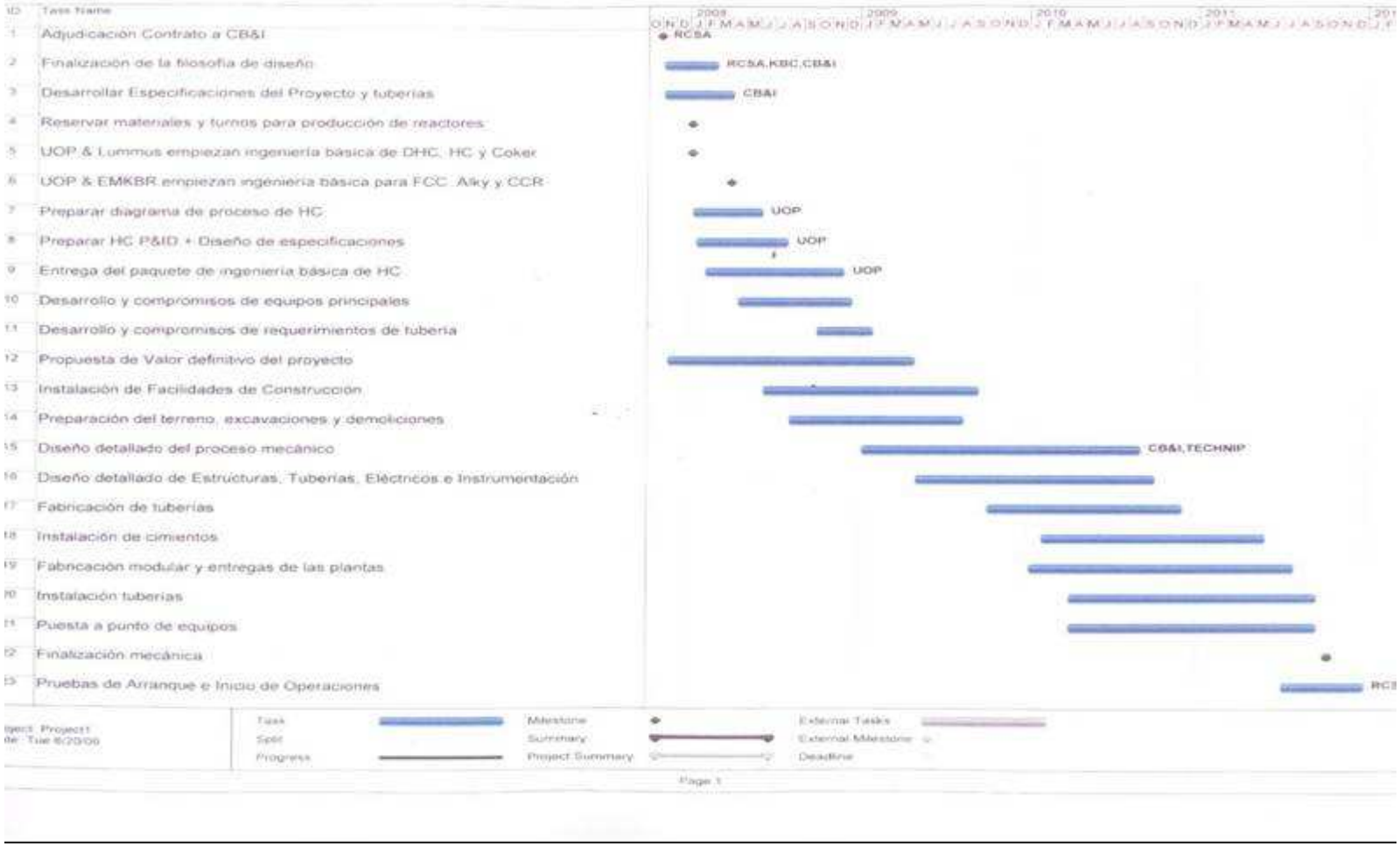
Este mismo año se iniciarán procesos de compras de equipos grandes, hechos a la medida, los cuales pueden tardar entre 18 y 24 meses para ser entregados.

Años 2010 – 2011:

En este periodo se prevé el gran volumen de los trabajos de construcción y montaje de maquinarias y equipos.

En el año 2010 se va a presentar la mayor intensidad de trabajos de construcción y en consecuencia se tendrá que contratar la mayor cantidad de personal. Para la construcción y montaje de todas las nuevas unidades de proceso se estima la contratación hasta de 3.840 personas. En la Tabla siguiente, se muestra en detalle los trabajos que se adelantarán.

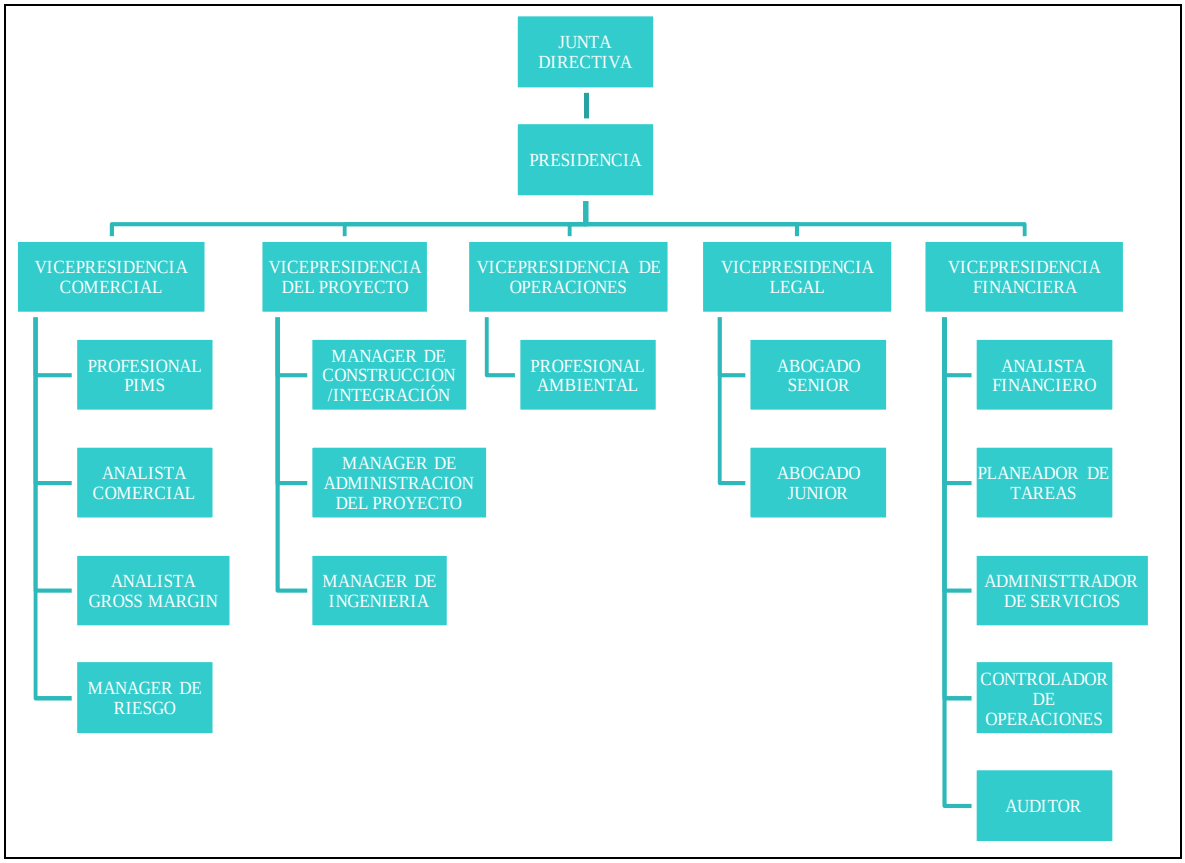
Tabla 2-2 Cronograma de actividades del proyecto de actualización y modernización de la Refinería de Cartagena S.A.



Fuente: CB&I.

La organización actual que ofrece ECOPETROL como operador de la Refinería de Cartagena y el organigrama previsto por REFICAR, para el 2012, se presentan a continuación:

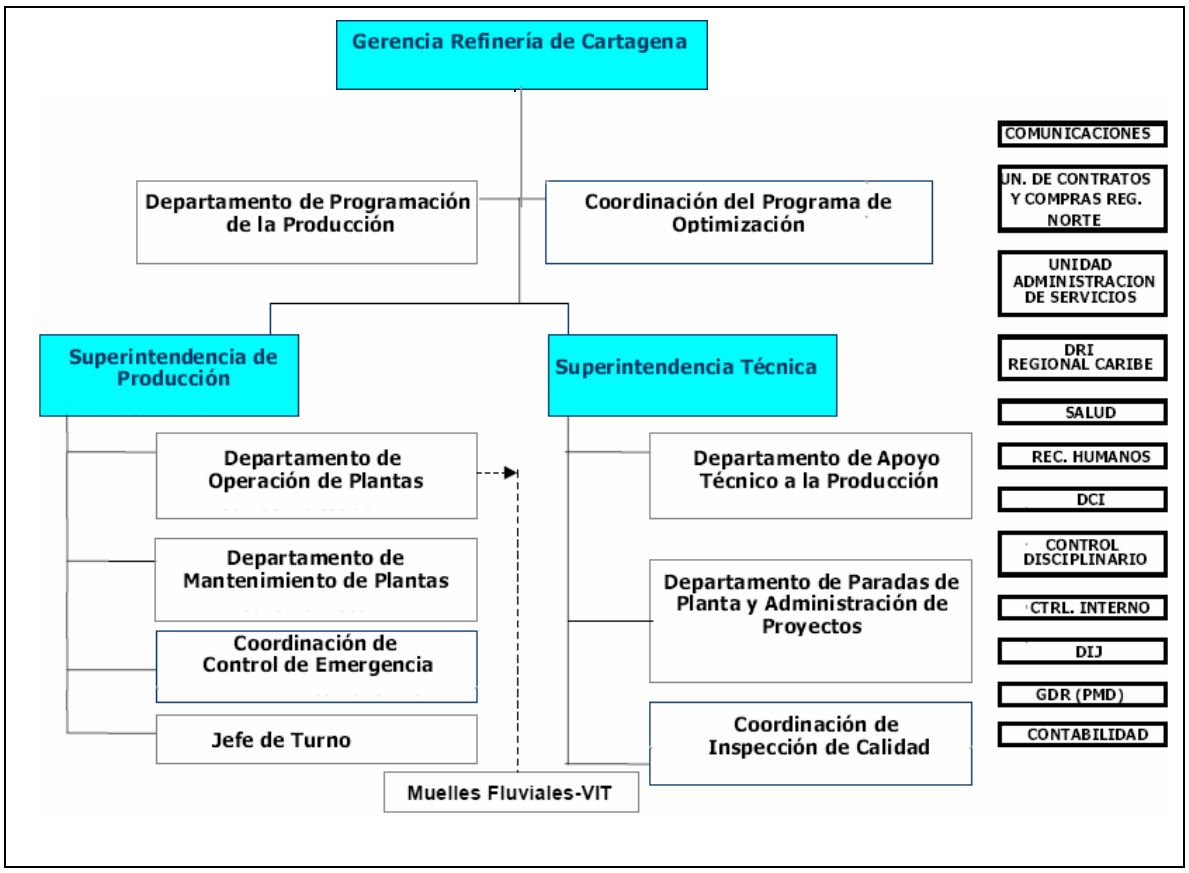
Figura 2-3 Organigrama actual para la operación de la Refinería de Cartagena S.A.



Fuente: REFICAR

En la figura siguiente, se presenta el organigrama de la refinería, administrada actualmente por ECOPETROL S.A.

Figura 2-4 Organigrama actual de la operación de la Refinería de Cartagena S.A. a cargo de ECOPETROL S.A.



Fuente: ECOPETROL S.A.

La instancia responsable por la gestión ambiental del proyecto es la Vicepresidencia de Operaciones, quien cuenta con un profesional especializado en ingeniería ambiental. Durante la construcción del PMD-REFICAR tendrán las funciones de hacer cumplir por parte de CB&I lo establecido en el PMA del presente estudio, y en la operación estarán a cargo del PMA, del Plan de seguimiento y monitoreo, del Plan de contingencia y finalmente, serán responsables por la ejecución del Plan de abandono y restauración final, previsto al cumplimiento de la vida útil del proyecto en 30 años. Así mismo, durante la construcción del proyecto, son responsables por el trámite de los requisitos legales para su desarrollo, la realización de trabajos de gestión y planeación.

2.2.1 Acceso al área del proyecto

Actualmente hay accesos establecidos para la Refinería y se prevén unos nuevos con ocasión del desarrollo del proyecto.

2.2.1.1 Accesos existentes

A la Refinería de Cartagena se accede por las siguientes vías:

- La carretera a Mamonal es una vía de 14 km de longitud por donde circula el transporte de carga y el transporte público y privado proveniente de Cartagena, de la Sociedad Portuaria y de las actividades propias de la ZIM. Esta vía parte en Cartagena de la Diagonal 22 y termina en el corregimiento de Pasacaballos, sobre el Canal del Dique. Presenta un alto nivel de tráfico debido a que recientemente la Alcaldía de Cartagena adelantó obras de mejoramiento. Sobre esta vía existen cuatro (4) accesos distintos a la Refinería, tres comunican con las áreas de proceso: principal, ingreso de carro tanques y parqueadero de contratistas, el otro ingreso es para el área administrativa.
- La vía alterna - denominada variante Mamonal-Gambote, es una vía diseñada fundamentalmente para el tráfico de vehículos pesados y es por donde circula el transporte de carga procedente de Barranquilla y el transporte que desde la ZIM se dirige al interior del país. Esta vía comunica al municipio de Cospique con Turbaco, donde se enlaza con la denominada Ruta B que conecta a Arjona – Bolívar con Medellín. Esta vía se encuentra en optimas condiciones de servicio, dados los trabajos de adecuación y mejoramiento vial que realizaron la Alcaldía de Cartagena y la Gobernación del Bolívar. La parte posterior de los predios de la Refinería tienen acceso directo por medio de esta vía.
- La vía circunvalar comunica directamente a Mamonal con la carretera de la Cordialidad, a la altura del Terminal de Transportes, que luego se intercepta con la Troncal de Occidente.

Al interior de la Refinería, se cuenta con vías que comunican todas las áreas entre sí y que permiten acceder a cada planta desde cualquiera de sus costados. Algunas de estas vías serán prolongadas para permitir el acceso a las nuevas plantas, siguiendo las mismas especificaciones de trazado.

- A la Refinería se puede acceder desde sus muelles marítimos: Terminal de la Refinería y Terminal Néstor Pineda, que son muelles exclusivos para la entrada y salida de hidrocarburos. Como se mencionó, hay ingreso de crudos y salida de productos a través de la comunicación fluvial por el canal del Dique (barcazas) y el río Magdalena, especialmente con la Refinería de Barrancabermeja.

2.2.1.2 Nuevos Accesos

En el desarrollo del proyecto, la Refinería tendrá cuatro nuevas puertas de ingreso y salida, en armonía a las políticas de seguridad industrial de REFICAR. Durante la construcción, estas puertas serán controladas por el grupo de seguridad de CB&I. La descripción y ubicación de las mismas es la siguiente:

Puerta No 1 situada al lado sur del área de expansión de la planta, 500 metros al oeste del peaje existente. Esta puerta será utilizada para la entrega de cargas de gran tamaño y de equipos muy grandes.

Puerta No 2 localizada también al lado sur se encuentra a 200 metros al oeste peaje existente. Esta puerta será utilizada por la administración, los contratistas y la gerencia del proyecto. Cerca de esta puerta se adecuará el terreno como área de estacionamiento. Esta puerta estará disponible durante las 24 horas al día y el acceso será controlado mediante autorización previa.

Puerta No 3 situada al lado este del área de expansión de la planta en la Variante Mamonal-Gambote, a 400 metros al norte de la esquina suroriental del área de expansión. Esta puerta será utilizada por la administración y para la entrega de materiales y elementos de bajo volumen, con dirección al almacén. Contará con áreas del estacionamiento y de descargue y operará las 24 horas del día, con entrada controlada mediante autorización previa.

Puerta No 4 situada al lado este del área de expansión en la misma de la anterior a unos 800 metros al norte de la esquina suroriental del sitio. Esta puerta será utilizada para la entrega de cargas a granel y relacionadas con el emplazamiento de la obra. Estará en funcionamiento durante las horas activas de construcción y será controlada por personal de seguridad. (ver plano 2-2. Plot Plan).

2.2.2 Instalaciones Industriales

2.2.2.1 Etapa de construcción

Para el desarrollo del proyecto se utilizará una extensión de terreno de aproximadamente 135 has, ubicado al lado este de las actuales instalaciones de la Refinería. En él estará el emplazamiento de las nuevas plantas. Esta obra tiene una afectación ambiental muy leve, por las siguientes razones:

- El área de intervención es parte actual del predio de la Refinería y ésta se ubica en plena Zona Industrial de Mamonal. El uso del suelo para esta zona, de acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial y al Plan de Desarrollo de Cartagena, esta destinado para la denominada “industria pesada”, lo cual es consecuente con el uso que la Refinería va a realizar, mediante la construcción de las nuevas plantas.
- Esta muy bien documentada la fuerte intervención antropológica que se ha dado en la ZIM desde tiempos de la conquista y prácticamente con la puesta en operación de la Refinería en 1956, se promovió la expansión del uso industrial y portuario del suelo.
- De acuerdo con la caracterización biótica efectuada para este EIA en el predio, la vegetación primaria característica de la formación boscosa inicial desapareció en su totalidad, dando paso a un conjunto de especies que combinan diversos estratos:

hierbas, bejucos, arbustos frutales, árboles nativos e introducidos. Por lo anterior, la cobertura vegetal tiene actualmente un alto grado de intervención.

La construcción contempla el desarrollo de varias actividades, algunas de ellas en forma simultánea. A continuación se presenta una descripción de cada una de ellas para luego realizar la identificación de impactos ambientales durante la fase de construcción del proyecto.

Construcción y funcionamiento de campamentos: se refiere principalmente a la ubicación del contratista ejecutor de la obra y las facilidades para su organización y movilización dentro de la misma. Se construirá el campamento donde funcionarán oficinas, talleres, bodegas, comedores, vestidores, baños, además de las facilidades que requiera el proyecto para su normal ejecución.

Descapote y excavación del terreno: comprende labores de retiro de la vegetación existente y remoción de la capa vegetal. El material resultante de estas actividades será aprovechado en los componentes de madera y materia orgánica y los residuos serán dispuestos en sitios definidos, aprobados por la autoridad municipal y con licencia ambiental vigente de operación. Según información de CB&I y dada la topografía del terreno se estima que el volumen de material a excavar será de aproximadamente 500.000 m^3. De forma temporal, se contará con un sitio para la colocación del material excavado, dentro del predio de la Refinería, el cual será utilizado para la reconformación del mismo lote.

Rellenos y compactación del lote: esta actividad consiste en rellenar y compactar la zona del emplazamiento industrial, para lo cual se utilizan materiales como recebos arcillosos, gravas y otros. La estructura de este material debe atender las especificaciones requeridas para soportar las estructuras metálicas y de concreto, donde irán apoyados o instalados los equipos que conforman las nuevas plantas. El material será obtenido del mismo lote. Se calcula que la cantidad total de material de relleno requerido por la obra será de aproximadamente 500.000 m^3 igual al volumen de la excavación, sin embargo, en el caso que el material excavado no supla las necesidades del relleno y compactación, se utilizará material de la cantera existente en la zona, explotación debidamente autorizada por parte de las autoridades ambiental y distrital.

Para las labores de excavación y relleno, se requerirá el uso de equipos neumáticos, retroexcavadoras y volquetas.

Fundición de estructuras en concreto reforzado:[8] consiste en la fundición de todas las zapatas de los equipos y de las nuevas estructuras, se construirán los soportes de tubería, ductos eléctricos e instrumentación; se fundirán columnas y vigas de concreto. Igualmente,

[8] UT TECHNIP ITAL y S.P.A. / TIPIEL S.A. Informe de cimentación, 2007.

se montarán los pórticos metálicos necesarios para garantizar la estabilidad de cada una de las estructuras que soportarán el conjunto de equipos a instalar.

Para el desarrollo de esta actividad se requerirán grúas, andamios metálicos, madera para encofrados, aceros figurados, herramientas y equipos especiales para fundición. Existirá tráfico de camiones para el transporte del concreto premezclado.

Cimentación: en la cimentación de la obra se tendrá un sistema de placas superficiales y es recomendable utilizar zapatas corridas para las estructuras de equipos livianos, con cargas laterales o de sustento de baja significancia. Los asentamientos y la capacidad portante permitidos en la obra dependen de la forma, el tamaño y la profundidad de cada cimiento. Por ello, una vez conocidos los parámetros y condiciones del suelo, se calcularon las capacidades soportantes, utilizando para ello métodos clásicos. Los valores de cálculo deben ser bajos, a fin de no sobrepasar los límites de asentamiento. Se trabajó en los sistemas proporcionales, de forma que las zapatas menos cargadas tengan una alta capacidad portante, y las solicitudes más grandes tengan una menor presión portante. A continuación se presentan las tablas que registran las coordenadas e identificación de las áreas estudiadas, las capacidades y referencias de proporción para el cálculo del mínimo asentamiento diferencial de cimientos.

Tabla 2-3 Identificación de áreas de estudio para las diferentes cimentaciones de la obra

UNIDAD	IDENTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	COORDE NADAS (1)	OBSERVACION
Craqueo y unidad FCC	PR-13 y PR-14	S350, E440	Área Construida
Unidad de tratamiento químico	PR-15	S350, E520	Área Construida
Unidad de Azufre	PR-16	S600, E250	Área Construida
Área 7	PR-12 Y PR-18	S500, E250	Área Construida
Área 6	PR-3, PR-4, AP-1 y AP-2	S550, E730	Área Construida
Unidades de craqueo térmico	PR-1, PR-2 y AP-9	S650, E600	Área Construida
Área 1	PR-5, PR-6, PR-17 y AP-3	S720, E850	Área No Construida
Área 2	PR-7 , PR-8, AP-5 y AP-6	S720, E1350	Área No Construida
Área 3	PR-10 y AP-4	S450, E1380	Área No Construida
Área 4	PR-9 y AP-8	S520, E1380	Área No Construida
Área 5	PR-11 y AP-7	S500, E1180	Área No Construida

(1). Estas coordenadas están referenciadas en el plano 2-2.

Tabla 2-4 Capacidad y referencias de proporción para el mínimo asentamiento diferencial de los cimientos

BLOQUE	UNIDAD	CAPACIDAD TOTAL DE SUSTENTACIÓN PERMISIBLE -PIE - *t/m²*		ELEVACIÓN DEL CIMIENTO (m)
		CUADRADO O RECT.	CONTINUO	
NORTE	UNIDAD DE CRAQUEO & FCC	12.6	10.7	7.0 - 5.4
NORTE	UNIDAD DE TRATAMEINTO QUIMICO	12.6	10.7	7.7
OESTE	UNIDAD DE AZUFRE	16.9	14.2	5.8
OESTTE	AREA 7	16.9	14.2	5.0
CENTRO	AREA 6	16.0	13.6	9.4
CENTRO	UNIDAD CISCORREDUCTORA	16.0	13.6	7.7
SUR	AREA 1	17.7	14.8	10.5
SUR	AREA 2	15.5	13.3	11.5
ESTE	AREA 3	17.7	14.8	10.2
ESTE	AREA 4	17.7	14.8	10.2
ESTE	AREA 5	17.7	14.8	9.8

Existen diversos factores de seguridad aplicables, según las solicitudes de carga, las condiciones técnicas específicas y las condiciones del terreno.

Tabla 2-5 Factores de Seguridad para la cimentación

Tipo de Carga	Factor de Seguridad
Cargas Muertas	3.0
Cargas Totales	2.5
Cargas Eólicas* / Cargas Sísmicas**	2.0
Cargas por Tensión (cimientos)	1.5

Notas: * Presión sobre bases y losas, ** De UBC (Uniform Building Code).

La resistencia de soporte de las zapatas corridas es limitada al peso del cimiento y de la columna de suelo que resiste. En los diseños preliminares se calculó la resistencia de soporte con una unidad de 1,92 t/m² para el suelo compactado de relleno y de 2,4 t/m² para el concreto reforzado y luego se dimensionaron según las solicitudes. Se calcula que los asentamientos diferenciales serían aproximadamente la mitad de los asentamientos totales, y éstos, a su vez, se estiman en 2,5 cm.

La resistencia horizontal del suelo se calcula a partir de la fuerza de presión pasiva del suelo en la cara de los cimientos y de la adhesión y fricción en la base de los mismos. La presión pasiva (Pp), que actúa en los laterales, se calculó con la siguiente ecuación:

$$Pp\ (t/m^2) = 1{,}6H + 12{,}2$$

donde H es la profundidad en metros.

En cuanto a las zapatas corridas y losas, las solicitudes de momentos y cargas no superaron las 15 t/m^2, para las cargas vivas se utilizó un factor de seguridad de 2,0. Para los soportes,

que se encuentran más profundos de 1,5 m, se utilizaran estructuras de relleno bajo zapatas y losas que minimicen la acción de momentos, generados por cargas excéntricas. El diseño final de la cimentación será supervisado por un equipo de geotécnistas, de forma que se garantice el cumplimiento de las recomendaciones efectuadas por los contratistas de REFICAR, que implican modificaciones al diseño original adelantado por ECOPETROL.

Algunas de las recomendaciones de los contratistas de REFICAR corresponden a las placas de cimentación, con lo siguiente:

- En casos donde las zapatas corridas no sean apropiadas para aguantar las cargas, se utilizaran placas de cimentación, ello en las estructuras de bombas, compresores, generadores y en general, de equipos o estructuras de almacenamiento de cargas moderadas.
- Para estructuras livianas o no sensibles a los asentamientos, las placas de cimentación pueden ser construidas hasta los 0,9 m de profundidad. Cuando se presenten mayores solicitudes o menor tolerancia a los asentamientos, las estructuras deberán ser ubicadas a más de 0,9 m de profundidad desde la capa superficial.

Tabla 2-6 Espesores recomendados para placas de cimentación

Bloque	Unidad	Espesores (m)
NORTE	UNIDAD DE CRAQUEO & FCC	7,0 – 5,4
NORTE	UNIDAD DE TRATAMEINTO QUIMICO	7.2
OESTE	UNIDAD DE AZUFRE	6,1
OESTTE	AREA 7	5,0
CENTRO	AREA 6	9,5
CENTRO	UNIDAD CISCORREDUCTORA	7,7
SUR	AREA 1	10,6
SUR	AREA 2	11,6
ESTE	AREA 3	10,0
ESTE	AREA 4	10,5
ESTE	AREA 5	9,8

- Para placas en suelo natural, con un módulo K de 650 t/m^2, se recomienda una capacidad portante máxima de 12 t/m², con el fin de mantener los asentamientos mínimos en la estructura. Los asentamientos en este tipo de cimentaciones, debido a la elasticidad y descompresión del suelo, dependerán de la geometría, profundidad, rigidez y dimensiones de la placa en sí. Por esta razón, los asentamientos se calcularon una vez se dimensionó y diseñó la estructura. Cuando se presenta una profundidad de placa mayor a 1 m, ésta será soportada sobre una estructura de relleno, de no menos de 0.6 m de profundidad por debajo de la placa. En todos los casos, las placas de cimentación deben descansar sobre un soporte homogéneo, es decir, no sobre una mezcla de suelos (natural y relleno).

Pilotes: para las estructuras de equipo pesado y áreas en donde las cargas laterales o de tensión sean significativas, se utilizaran pilotes pre-excavados y no hincados. Estas estructuras se construirán mediante la excavación de columnas, posteriormente fundidas en concreto reforzado. Los cálculos de capacidad portante para los pilotes fueron realizados con métodos clásicos, para diferentes diámetros y profundidades, teniendo en cuenta las solicitaciones laterales por fricción y soporte por compresión (en la punta). Lo anterior, de acuerdo a las condiciones de suelo de la Formación Cartagena, presente en el área del proyecto.

La eficiencia de las capacidades de los pilotes, si trabajan en grupo, será del 70%. Se utilizará concreto Tremie f'c= 5000 psi con camisas hincadas, para luego ser extraídas. Las paredes de la perforación deberán ser estabilizadas con bentonita o polímeros similares, para efectos de garantizar la sustentación de la excavación durante todo el proceso de pilotaje.

Pruebas de Pilotes: las pruebas a pilotes se realizaran de acuerdo a los procedimientos ASTM D-1143 y llevadas a cabo antes del inicio de la obra. Con los resultados de estas pruebas se determinarán los eventuales ajustes de diseño, considerando las cargas solicitadas en el proyecto. Con el objetivo de mantener la calidad de los materiales acorde a las especificaciones de la obra, el 10% de los pilotes deberán ser probados y examinados.

Montaje de equipos, prueba hidrostática y obras civiles complementarias: conforme al cronograma del plan de construcción, hay una etapa para la instalación de los principales equipos, el montaje de la tubería, los montajes de equipos eléctricos y de instrumentación. Los equipos y las tuberías interiores se instalarán con aislamientos térmicos, se aplicará pintura y luego se realizarán las pruebas hidrostáticas a las líneas. Igualmente, se realizarán las obras civiles complementarias para la puesta en marcha de los equipos. En maquinaria, durante esta etapa se requerirá principalmente el uso de grúas y de herramienta menor.

Tendido de líneas: esta actividad consiste en el tendido y la instalación de las líneas de tuberías para el manejo de las materias primas y los productos de las nuevas plantas. Se requerirá la operación de equipos de sand-blasting o de espuma para la limpieza de las tuberías, el uso de grúas para izar las tuberías, de equipos de soldadura y pintura.

Arranque y Puesta en Marcha: en la medida en que se finalice la construcción de cada una de las partes que conforman las nuevas plantas, se realizarán las pruebas correspondientes, incluído el lavado y soplado de vapor en líneas y equipos, y demás actividades complementarias relacionadas con la etapa de pre-arrancada. Una vez efectuadas las pruebas, se realizaran los ajustes necesarios para asegurar el arranque de las plantas y su óptima operación.

2.2.2.1.1 Identificación de impactos ambientales y sociales

Emisiones atmosféricas: en función de las etapas de construcción previstas para la modernización y optimización de la Refinería, se identificaron como fuentes de emisiones atmosféricas las actividades de movimiento del material de descapote y de relleno del terreno, durante las cuales se mantendrán las medidas de control de emisiones de material particulado, que es, en este momento, el principal elemento de contaminación. Con respecto a las emisiones por fuentes móviles, se encuentran las derivadas de los vehículos automotores que serán utilizados durante la obra, tanto en carga como en ingreso y salida de trabajadores. Por norma de la organización, todos los vehículos que deseen ingresar a la Refinería deberán presentar su respectivo certificado de emisiones atmosféricas, cumpliendo así con los requerimientos de movilización establecidos por la regulación ambiental.

Ruido: con respecto al ruido, en general cualquier obra de construcción presenta ruido dado el manejo de equipos, por ejemplo, de excavación. Este ruido se presentará en jornadas diurnas y el contratista deberá cumplir con los límites permisibles para emisión de ruido y ruido ambiental, estipulados por la regulación ambiental para zonas industriales.

Requerimiento de uso, aprovechamiento y afectación de recursos naturales renovables durante la etapa de construcción: hay un aprovechamiento del material forestal que se obtendrá con la remoción de la cobertura vegetal existente. Este es un material superior a 10 cm DAP y será utilizado en las mismas obras del proyecto, en los casos que sea apropiado.

El desarrollo de la construcción afectará el curso actual del Arroyo Grande, pues es indispensable su desvío para cumplir la normatividad sobre área de margen. En el capítulo 3 de este EIA se presentan los requisitos y las especificaciones técnicas previstas para esta intervención, la cual no afectará el libre movimiento del agua hacia la Bahía de Cartagena.

Requerimiento de mano de obra para la etapa de construcción: CB&I ha estimado que las contrataciones de trabajadores llegarán a un pico máximo de 3,840 personas, con una distribución entre personal supervisor-superiores, operarios y contratistas. Los requerimientos de entrenamiento y experiencia se ubican a lo largo de numerosas especialidades, de construcción e ingeniería, según se presenta a continuación:

Tabla 2-7 Distribución de los trabajadores requeridos para la etapa de construcción

Operarios	Cantidad	% Categoria	% Total
Aislamiento térmico	64	2,1%	1,7%
Ayudantes	680	22,1%	17,7%
Carpinteros	21	0,7%	0,5%
Electricos Junior	190	6,2%	4,9%
Electricos Senior	64	2,1%	1,7%
Ensamble maquinaria	105	3,4%	2,7%
Fabricantes de Calderas	15	0,5%	0,4%
Instrumentalista	106	3,4%	2,8%
Mecanicos	88	2,9%	2,3%
Metalmecanico	314	10,2%	8,2%
Obreros	21	0,7%	0,5%
Obreros de Aislamiento térmico	21	0,7%	0,5%
Pintores	121	3,9%	3,2%
Reparadores de tanques	61	2,0%	1,6%
Soldador	116	3,8%	3,0%
Soldador a Gas	89	2,9%	2,3%
Soldador Rayos X	384	12,5%	10,0%
Soldadores Aleaciones	91	3,0%	2,4%
Tuberos	527	17,1%	13,7%
Total Operarios	**3.078**	**100,0%**	**80,2%**

Personal Supervisor y superiores	Cantidad	% Categoria	% Total
Construcción	25	8,0%	0,7%
Electricos	8	2,5%	0,2%
Estructuras de Acero	14	4,5%	0,4%
Instrumentación	9	2,9%	0,2%
Mecanicos	42	13,4%	1,1%
Obras Civiles	28	8,9%	0,7%
Pintura	19	6,1%	0,5%
Refractarios (Aislamiento térmico)	5	1,6%	0,1%
Soldadores	54	17,2%	1,4%
Tuberías	110	35,0%	2,9%
Total Supervisores y superiores	**314**	**100,0%**	**8,2%**

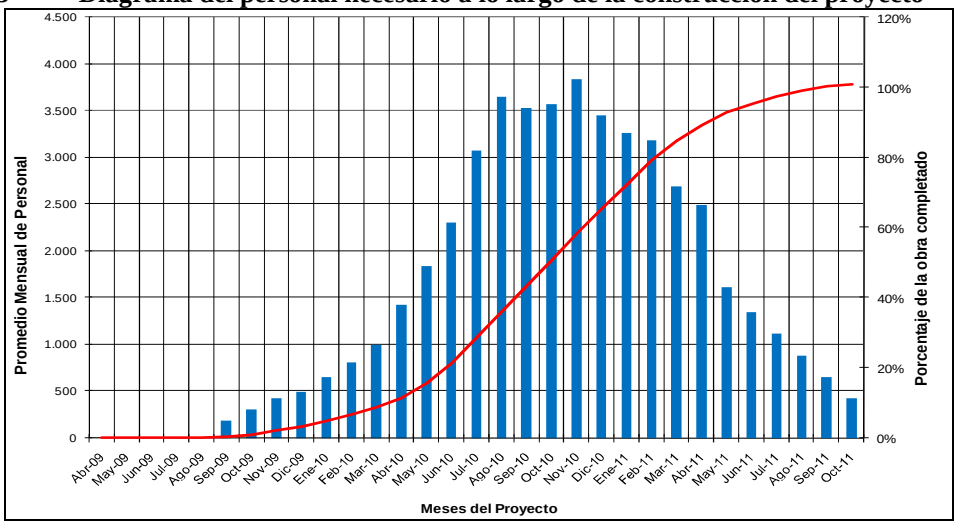
Personal Supervisor y superiores	Cantidad	% Categoria	% Total
Construcción	25	8,0%	0,7%
Electricos	8	2,5%	0,2%
Estructuras de Acero	14	4,5%	0,4%
Instrumentación	9	2,9%	0,2%
Mecanicos	42	13,4%	1,1%
Obras Civiles	28	8,9%	0,7%
Pintura	19	6,1%	0,5%
Refractarios (Aislamiento térmico)	5	1,6%	0,1%
Soldadores	54	17,2%	1,4%
Tuberías	110	35,0%	2,9%
Total Supervisores y superiores	**314**	**100,0%**	**8,2%**

Subcontratistas Civiles	**448**	**100,0%**	**11,7%**
GRAN TOTAL	**3.840**		

Fuente: CB&I.

De acuerdo con el cronograma de la obra, las contrataciones en el tiempo tendrán la siguiente dinámica:

Figura 2-5 Diagrama del personal necesario a lo largo de la construcción del proyecto



Fuente: CB&I.

2.2.2.2 Etapa de Operación

Dado que el proyecto hace referencia a la modernización y optimización del proceso de refinación de petróleo, es importante conocer el funcionamiento de las plantas existentes, para luego presentar las adiciones que surgen con el proyecto. De forma resumida, los procesos que se llevan a cabo se clasifican en dos bloques de operaciones:

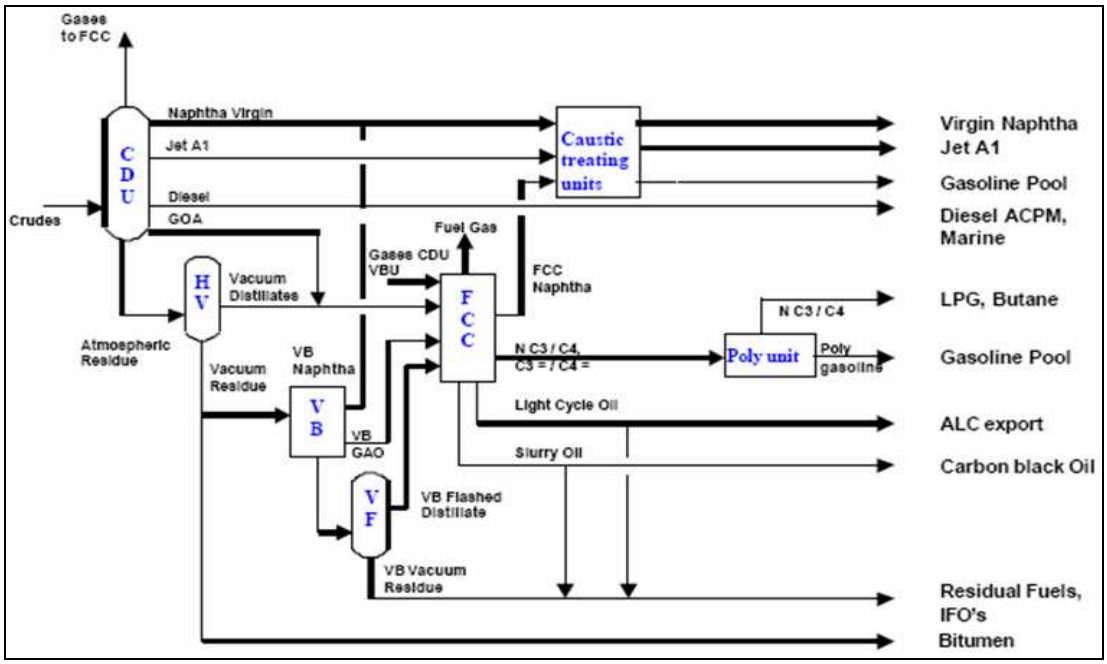
- Productos obtenidos por la destilación directa del crudo, donde se extraen aquellas fracciones que hierven a una temperatura inferior a los 370°C. Luego, mediante procesos como la desulfurización e isomerización, se les da a los productos las propiedades necesarias para poder ser utilizados como GLP, gasolinas, keroseno y gasóleos.
- Productos que no se pueden separar por destilación, los fondos o aquellos productos que no han sido extraídos por destilación, son transformados mediante procesos de craqueo catalítico, coquización e hidrocraqueo, para transformarlos en otras sustancias, cuyo rango de destilación las hacen adecuadas para mezclarse en la formulación de carburantes[9].

2.2.2.2.1 <u>Configuración actual de la refinería</u>

El siguiente diagrama muestra, de manera sencilla, el flujo del proceso según la actual configuración de la Refinería:

[9] Guías de las mejores prácticas disponibles en España del sector de refinación de petróleo – Ministerio de Medio Ambiente – Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. 2004

Figura 2-6 Configuración actual de la Refinería de Cartagena



Fuente: Plan Maestro de Desarrollo Refinería de Cartagena. Ecopetrol, Project Information Memorandum. Technip Italy SPA. Tipiel S.A. Abril de 2003

A continuación se describen cada una de las unidades existentes:

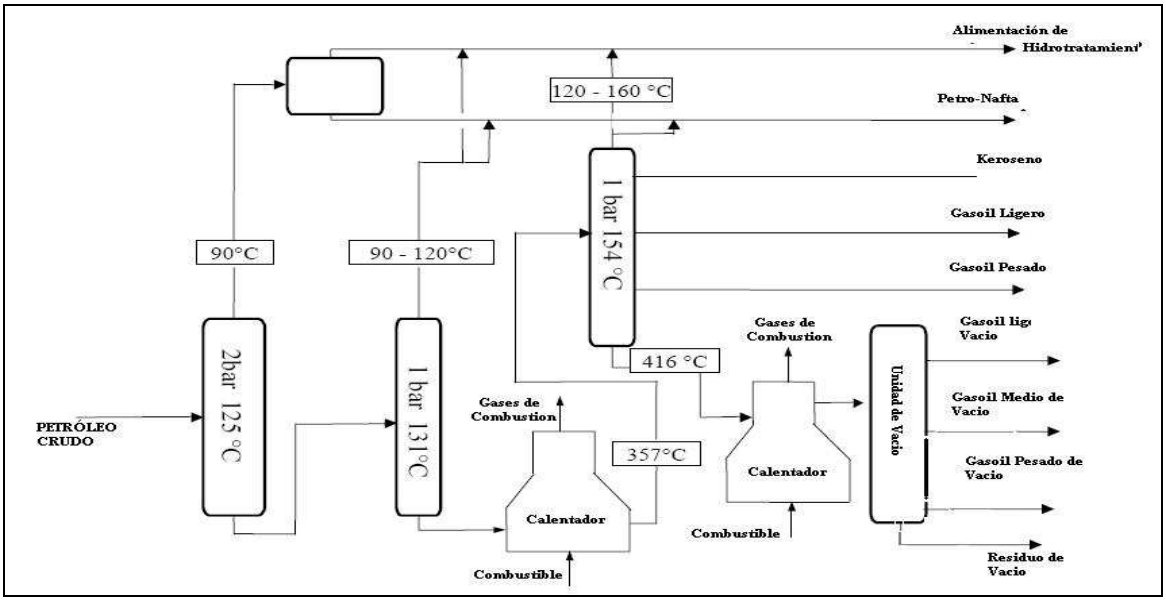
A.- Unidades de refinación de los productos extraídos por destilación

Unidad de destilación primaría (UDC), comúnmente denominada *Planta de Crudo*. Esta planta tiene una capacidad actual para procesar de 78.000 a 80.000 barriles diarios de crudo, a través de dos secciones de destilación: i) *la etapa atmosférica*, donde el crudo, que previamente ha sido lavado con agua para retirarle las sales que contiene, se somete a un calentamiento en hornos que elevan la temperatura del crudo desde la temperatura ambiente hasta los 90 - 120° C, ii) luego pasa a la *etapa de fraccionamiento por destilación directa*, donde, según los distintos puntos de ebullición específicos de los productos, éstos se separan en distintas fracciones, en orden decreciente según su volatilidad son: gases, destilados ligeros, destilados medios y residuos.

Las fracciones ligeras y medias resultantes de la destilación atmosférica, como el GLP, las naftas, el keroseno y el gasóleo ligero, se envían a las unidades de hidrotratamiento y el gasóleo pesado, conocido también como fondos o brea, es enviado a la unidad de vacío, donde, por las condiciones de presión y temperatura se obtienen otros subproductos como: gasóleo de vacío, que se lleva a la Unidad Viscorreductora, y el residuo o fondos de vacío, conocido como brea pesada, que se diluye para obtener Fuel Oil.

Un diagrama simplificado de lo que es un típico proceso de destilación primaria es el siguiente:

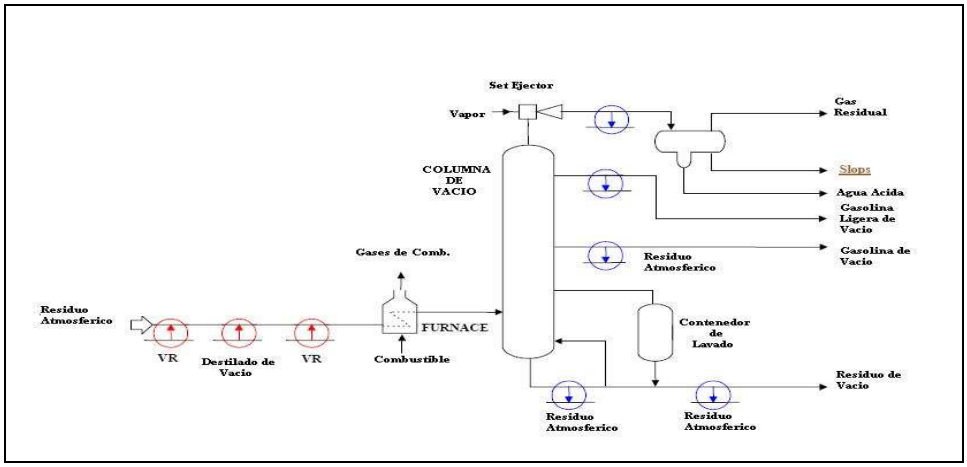
Figura 2-7 Diagrama de una unidad típica de destilación primaria



Fuente: Integrated pollution prevention and control (IPPC). Reference Documents on Best Available Techniques (BREF) for Mineral Oil and Gas Refineries.

Un diagrama típico de una unidad de destilación al vacío es el siguiente:

Figura 2-8 Diagrama de una unidad típica de destilación al vacío



Fuente: Integrated pollution prevention and control (IPPC). Reference Documents on Best Available Techniques (BREF) for Mineral Oil and Gas Refineries.

Tratamiento del destilado medio (diesel), es la unidad diseñada para remover el Azufre de la corriente anterior, mediante la aplicación de significativas cantidades de soda cáustica.

Isomerización C5/C6, permite la reorganización de las moléculas en isoparafinas de mayor octanaje, las cuales son mezcladas para la preparación de gasolina. Con el proyecto, esta unidad será modernizada y actualizada para convertirla en un proceso Benzout, tecnología desarrollado por Exxon – Mobil.

B. – Unidades de refinación de los productos no extraídos por destilación.

Hidrocraqueo, es uno de los procesos de refinación más versátiles, ya que permite convertir cualquier fracción desde gasóleos de destilación atmosférica hasta aceites residuales desasfaltadas, en productos de menor peso molecular. Las reacciones de hidrogenación y craqueo se llevan a cabo bajo la presión parcial de Hidrógeno (siendo esta unidad la mayor consumidora de este gas), en presencia de catalizadores, seleccionados en función del objetivo de la unidad, que puede ser la de mayor producción de nafta, de destilados medios de altas características de combustión y resistencia al frío, o puede ser la producción de lubricantes. En el caso de la Refinería de Cartagena se optimizan la producción de combustibles diesel y keroseno. La presencia del Hidrógeno permite prevenir la formación de residuos pesados. La reacción de hidrocraqueo es exotérmica, por lo cual, el reactor cuenta con un sistema de enfriamiento, para cada lecho.

El reactor típico contiene un lecho fijo de catalizador. Ocurre primero la conversión de los compuestos de Nitrógeno y Azufre, la saturación de las olefinas, y la saturación parcial de los PAH, luego ocurre el craqueo. El craqueo se logra a una presión generalmente entre 34-196 BAR y una temperatura próxima a los 390° C, para el caso de la Refinería, logrando también, la remoción del Nitrógeno.

La unidad de hidrocraqueo de la Refinería de Cartagena es de dos etapas con reciclo, es decir, que cuenta con 2 reactores en serie, obteniéndose una conversión del 97,8%, lo cual permite refinar una corriente altamente refractaria, como aceite desasfaltado. La recirculación del aceite no convertido, permite incrementar la tasa de conversión del flujo de alimentación de 80-90% a 97-98%. Se requiere una purga del 2-3%, para prevenir la acumulación de hidrocarburos aromáticos - policíclicos (PAH).

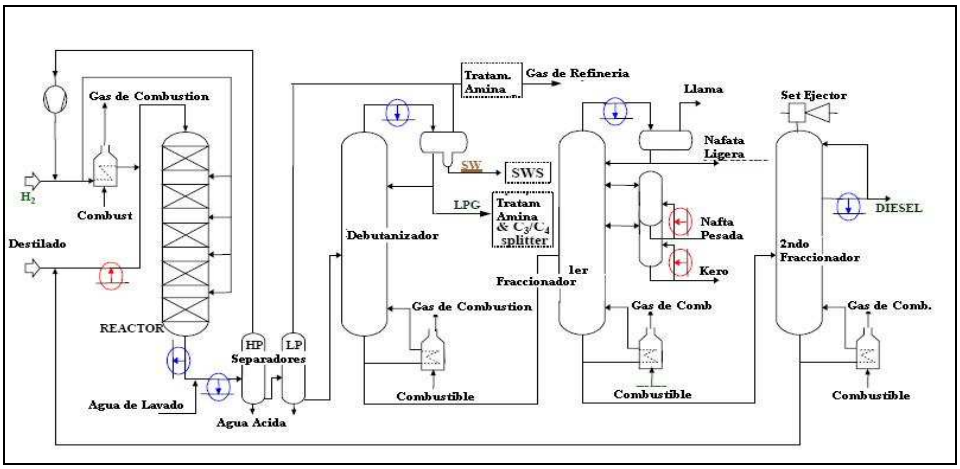
La siguiente etapa es la separación del vapor, con alto contenido de Hidrógeno, con un separador a baja presión, que en el caso de la Refinería de Cartagena es valorizado como combustible interno, mediante su tratamiento en la planta de saturación de gas. En caso de ser necesario, se puede inyectar agua de lavado a la entrada del separador, para prevenir la cristalización de bisulfuro de amonio (NH_4HS) en los tubos.

Luego sigue la sección de fraccionadores, lo que permite la separación de diferentes productos como el GLP, gas combustible que se usa para propósitos internos (enviado a

planta de saturación de gas), la nafta ligera, la nafta pesada, el diesel y el keroseno. En el último fraccionador, el aceite no convertido (UCO) es recirculado al reactor de hidrocraqueo.

El proceso del hidrocraqueo se representa en el siguiente diagrama:

Figura 2-9 Diagrama de una unidad típica de hidrocraqueo en una sola etapa con reciclo



Nota: La unidad de la Refinería de Cartagena cuenta con 2 reactores en serie (2 etapas con reciclo).
Fuente: Integrated pollution prevention and control (IPPC). Reference Documents on Best Available Techniques (BREF) for Mineral Oil and Gas Refineries.

Unidad de ruptura catalítica (URC), incluyendo la sección de productos livianos. Esta unidad es de tecnología Exxon (Modelo IV), tiene una capacidad de procesamiento de 29.000 barriles diarios de gasóleos mezclados, provenientes de las unidades de crudo y viscorreductora, para producir gasolinas de alto octanaje, combustibles livianos, gases ricos en olefinas y un alquitrán aromático denominado arotar. Cuenta con una sección de separación de productos livianos. En la nueva configuración de la Refinería, esta unidad será modernizada y operará como una típica unidad de craqueo catalítico en lecho fluidizado (FCC).

Planta de Polimerización. Como su nombre lo indica tiene como objetivo polimerizar las moléculas de las olefinas, provenientes de la unidad de ruptura catalítica (principalmente propeno y buteno), para producir compuestos de alto octanaje (polímera) utilizados en la preparación de gasolinas. El proceso se fundamenta en una reacción de adición, con la presencia de un catalizador de ácido ortofosfórico, que es selectivo a los hidrocarburos insaturados de la carga. El gas que no reacciona (hidrocarburos saturados del tipo propano y butano) se conoce como gas licuado del petróleo (GLP) o combustible doméstico. En la nueva configuración de la Refinería, se dejará de utilizar esta unidad y será reemplazada por la unidad de alquilación.

Unidad de viscorreducción. Esta unidad tiene una capacidad para procesar 20.000 barriles diarios de fondos de vacío, provenientes de la planta de crudo. El fundamento de esta operación es el rompimiento térmico de las moléculas, a su paso por un horno, para obtener fracciones de hidrocarburo, de menor peso molecular; así se produce gas combustible, gasolina y gasóleo, quedando finalmente un residuo muy pesado denominado brea, vendido como combustible marino o fuel oil, luego de ser mezclado con diluyentes. En el esquema futuro de la Refinería, esta unidad solo operará eventualmente, por cuanto será reemplazada por una unidad de mayor tecnología y conversión, conocida como unidad de coquización.

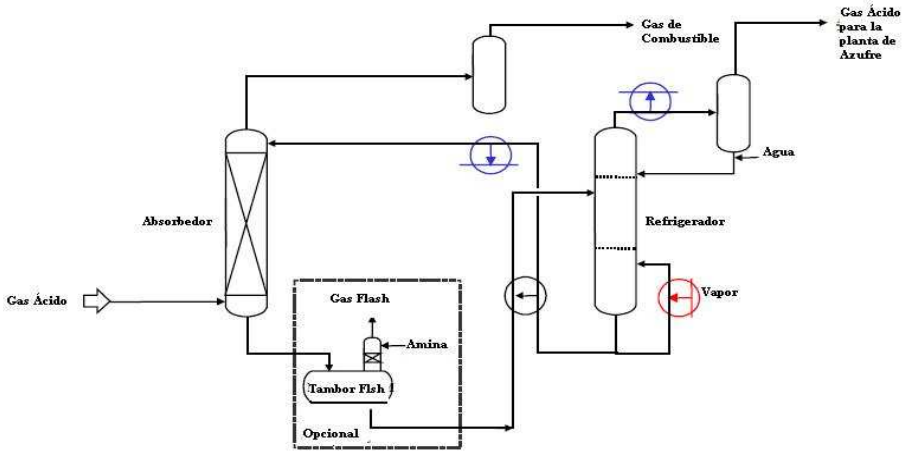
C.- Unidades de almacenamiento de productos terminados

La Refinería cuenta con unidades de almacenamiento de gasolinas, combustibles para aviones, ACPM, GLP, propileno y almacenamiento de amoníaco.

D. - Unidades de apoyo

Plantas de amina. Su función es purificar las corrientes gaseosas del proceso, retirándoles el ácido sulfhídrico (H_2S). El proceso se realiza mediante su absorción en una solución de monoetanolamina (MEA) o dietiletanolamina (DEA), que tienen la propiedad de absorber este gas cuando está frío, y posteriormente liberarlo, cuando se calienta la mezcla. El solvente es bombeado e introducido a una torre de absorción, donde se pone en contacto con la corriente de gas sulfhídrico, que se disuelve en la corriente líquida. Los gases combustibles son removidos y pueden ser utilizados como combustible interno. La corriente de MEA/DEA, rica en H_2S, se somete a un proceso de regeneración, mediante calentamiento y stripping con vapor, para ser reutilizada en la etapa de absorción. El H_2S separado, es enviado a la unidad de recuperación del Azufre. Actualmente existen 2 unidades, una para el tratamiento de los gases de carga de la sección de polimerización y otra para el tratamiento del gas que la misma Refinería emplea como combustible interno, en hornos y calderas.

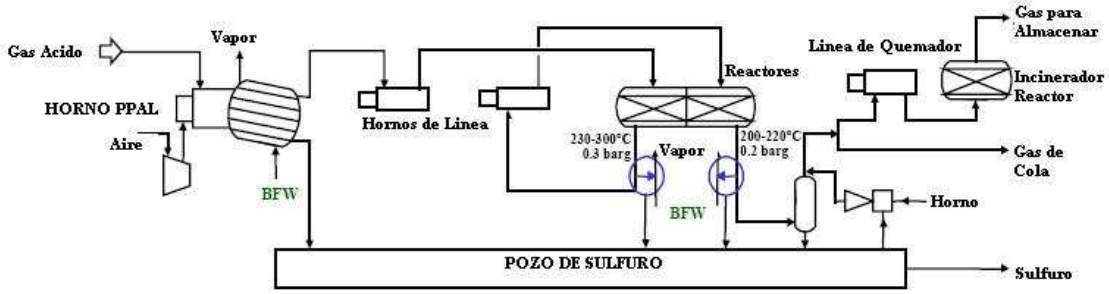
Figura 2-10 Diagrama de una planta típica de amina



Fuente: Integrated pollution prevention and control (IPPC). Reference Documents on Best Available Techniques (BREF) for Mineral Oil and Gas Refineries.

Oxidación catalítica del Azufre - planta de Azufre. El método utilizado para la oxidación catalítica del Azufre es conocido como el "método Claus" modificado, el cual consiste en la combustión parcial de un gas rico en H_2S, con un tercio de la cantidad del aire estequiométrico, lo cual produce SO_2 - dióxido de Azufre, el cual reacciona con el H_2S no quemado, en presencia de un catalizador de alúmina activada, para producir Azufre elemental. Esta planta recuperadora de Azufre no consiste en un sistema de combustión, sino en un conjunto de reactores químicos que permiten controlar las emisiones de H_2S, que es un gas inflamable y tóxico, las cuales de otra forma serían emitidas a la atmósfera. El diagrama resumido de esta planta es el siguiente:

Figura 2-11 Diagrama de una planta típica de recuperación de Azufre



Fuente: Integrated pollution prevention and control (IPPC). Reference Documents on Best AvailableTechniques (BREF) for Mineral Oil and Gas Refineries

Este proceso consta de un horno de reacción que se alimenta de un gas ácido, el cual es sometido a un proceso de combustión con aire. Luego, los gases de reacción pasan a través de una serie de enfriadores, donde se condensan los vapores de Azufre producidos y están los convertidores, donde ocurre la reacción principal para formar el Azufre líquido. Los convertidores poseen un lecho de catalizador de alúmina, que tienen una vida útil de 5 años aproximadamente.

Mezclador de gas combustible para usos interno en la Refinería. Del proceso, se utiliza principalmente la corriente de gas proveniente de la planta de amina, es un gas dulce, sin H_2S, y se mezcla con gas natural para preparar un gas combustible, de uso interno en los equipos de combustión.

Instalaciones de apoyo. Así mismo, la Refinería cuenta con instalaciones de apoyo al proceso:

- Líneas de transporte: oleoducto Coveñas-Cartagena, Poliducto Cartagena-Baranoa;
- Líneas de transferencia, identificada en los planos como Área 1000,
- Almacenamientos, consiste en las estaciones de almacenamiento de butano, GLP, slop, ACPM, crudos pesados, livianos e intermedios, y,
- por último, están los edificios administrativos.

Unidades de servicios. La operación de las unidades de proceso requiere de ciertos insumos fundamentales como energía, vapor, agua, gas combustible y aire. En ello, la Refinería es autosuficiente con el fin de asegurar la confiabilidad de su operación. Se cuenta con las siguientes facilidades: calderas, turbogeneradores, compresor y planta de tratamiento de aguas residuales.

Productos actuales de la refinación del petróleo en Cartagena.

Hay que destacar que la normatividad ha cambiado en cuanto a la calidad de las gasolinas, principal producto de la refinación. La tendencia mundial sobre la calidad de las gasolinas va hacia especificaciones cada vez más estrictas y actualmente EEUU y la Unión Europea buscan armonizar estas especificaciones, por factores ambientales y por aspectos de producción y comercialización de las gasolinas.

Colombia, por medio de la Resolución No. 898 del 1995, estableció los parámetros generales de calidad de los combustibles y definió fechas específicas para la entrada en vigencia de los mejoramientos en la calidad de las gasolinas. Con posterioridad, la Resolución No. 68 del 2001 modificó estas fechas, dado que las Refinerías del país, al momento, no cuentan con la capacidad técnica para obtener los combustibles en las calidades establecidas. La Ley 693 del 2001 regula la mezcla de gasolina con alcoholes carburantes, como combustible para vehículos; la Resolución No. 447 del 2003 reglamenta esta ley. En Abril de 2004 ECOPETROL solicita modificación a las vigencias que trata la

resolución en mención, ya que los crudos y las plantas existentes no permiten reducir el contenido de Azufre, al nivel requerido por la norma. El Gobierno expidió las Resoluciones No. 1565 del 2004 y No. 1180 del 2006 con las especificaciones proyectadas al año 2010. Para el ACEM y el ACPM al 2010 se mantiene la diferencia en cuanto a rangos de destilación pero se unifica el contenido de Azufre.

El gran consumidor de gasolina y diesel en Colombia es el sector de transporte. Dada la tecnología que se aplica en los motores vehiculares, la cual se rige por el estándar de los países fabricantes de los vehículos, a futuro, los vehículos nuevos que ingresarán al parque automotor colombiano demandarán combustibles de mejor calidad.

Con relación al transporte público, la especificación del contenido de Azufre para estos vehículos es de 50 ppm. a partir del año 2010. El Artículo 5 de la Ley 1083 del 2006 establece que *toda habilitación que se preste a flotas de servicio público se hará bajo el entendido que la totalidad de estos vehículos operará con combustibles limpios, y que a partir del 1 de Enero del 2010 toda reposición que se haga de vehículos de servicio público de transporte de pasajeros deberá hacerse por vehículos que operen con combustibles limpios*. Adicionalmente, en el Artículo 6 esta Ley determina que todos los procesos licitatorios que se lleven a cabo para programas de transporte masivo deberán vincular vehículos que utilicen combustibles limpios. La Resolución No. 180158 del 2007 reglamentó esta Ley y determinó que la gasolina reformulada debe contener 50 ppm. de Azufre a partir del 2010 y limitó el contenido de hidrocarburos aromáticos, olefínicos y benceno. El cumplimiento de esta norma implica para la refinación, la modificación de los procesos de hidrotratamiento y las mezclas de gasolina, reduciendo los componentes de reformado catalítico y ruptura catalítica.

Actualmente los productos de la Refinería son los siguientes:

Gas licuado del petróleo (GLP): es una mezcla de hidrocarburos livianos, constituida principalmente por C3's - propano y compuestos derivados de éste y C4's - butanos y compuestos derivados. Las proporciones de mezcla son variables y a condiciones normales su estado es gaseoso, pero al comprimirlo pasa a estado líquido. Puede producirse en refinería se requiere la planta de ruptura catalítica.

El GLP es utilizado especialmente como combustible doméstico para la cocción de alimentos y calentamiento de agua. También tiene usos industriales como combustible para hornos, secadores y calderas de diferentes tipos, en motores de combustión interna y en turbinas de gas para la generación de energía eléctrica.

Gasolinas: es una mezcla formada por fracciones combustibles provenientes de diferentes procesos de refinación como destilación atmosférica, ruptura catalítica, ruptura térmica, alquilación, reformado catalítico y polimerización, entre otros

Las fracciones son tratadas químicamente con soda cáustica para eliminar compuestos de Azufre (sulfuros y mercaptanos) que tienen un comportamiento corrosivo y producen una especie de goma, que puede ocasionar depósitos no deseados en los sistemas de admisión de combustibles de los motores. Luego en el proceso, los subproductos se mezclan.

Previo a la distribución al público de la gasolina regular, las estaciones de servicio adicionan aditivos - detergentes dispersantes, con el fin de prevenir la formación de depósitos en todo el sistema de admisión de combustibles en los motores (carburadores, inyectores de combustible, lumbreras o puertos de entrada y asientos de las válvulas de admisión). También se adiciona una sustancia química - llamada marcador, que permite obtener información sobre la procedencia del combustible, sin que ello modifique la calidad del producto.

La *gasolina regular* tiene un índice antidetonante - IAD (Ron+Mon/2) de 81 octanos, como mínimo. Este índice es la principal característica que identifica el comportamiento de la combustión dentro de un motor, el mayor octanaje indica mejor capacidad. Esta diseñada para utilizarse en motores de combustión interna, de encendido por chispa y de baja relación de compresión (menos de 9:1); puede mantener un comportamiento adecuado en motores de mayor relación, pero en altitudes por encima de 2000 metros sobre el nivel del mar.

La *gasolina extra* a diferencia de la regula, es una mezcla que tiene un IAD de 87 octanos como mínimo y está diseñada para utilizarse en la mayoría de los motores, a cualquier altitud.

Jet A-1: es conocido como turbocombustible, turbosina o JP-1ª y lo utilizan los aviones con turbinas tipo propulsión o jet; proviene de la destilación atmosférica del petróleo y ofrece características especiales de calidad al ser tratado químicamente para la eliminación de los compuestos azufrados (sulfuros, mercaptanos y ácidos nafténicos).

Diesel: mezcla de hidrocarburos, entre 10 y 28 átomos de Carbono, formada por fracciones de combustibles provenientes de la destilación atmosférica y ruptura catalítica. Colombia consume diesel premium, que se distribuye exclusivamente para la zona metropolitana de Bogotá y Transmilenio[10], y el Diesel corriente o el aceite combustible para motores - ACPM, que se encuentra en el resto del país. La principal diferencia entre ellos es el rango de destilación y su contenido de Azufre: el ACPM tiene 4500 ppm, y el ACEM tiene 1200 ppm.

[10] cuyos motores operan bajo norma EURO I de emisiones atmosféricas.

El diesel puede contener pequeñas cantidades de aditivos, que permiten mejorar las condiciones de su desempeño. Se utiliza como combustible en motores de automotores y maquinas de trabajo medio y pesado (transporte de carga, explotación minera, construcción, agricultura), para generar energía mecánica y eléctrica, uso industrial en quemadores de hornos, secadores y calderas.

Diesel marino: contiene un mayor contenido de Azufre y un bajo número de cetano; se utiliza especialmente como combustible en motores tipo diesel de embarcaciones marinas o fluviales. También, puede usarse para generar energía mecánica y eléctrica, en en usos industriales como quemadores de hornos, secadores y calderas. No es recomendable su uso en vehículos automotores, por el impacto ambiental de sus emisiones.

Arotar: alquitrán aromático, es uno de los productos residuales obtenidos por el proceso de ruptura catalítica. Se usa especialmente como materia prima para la elaboración del negro de humo, principalmente en la fabricación de llantas y también puede utilizarse como diluyente del combustóleo.

Combustóleo: conocido como fuel oil No. 6, es también un combustible elaborado a partir de productos residuales. La industria lo utiliza como combustible en hornos, secadores y calderas; también tiene uso en calentadores (unidades de calefacción) y en plantas de generación de energía eléctrica.

Propileno: se genera en la unidad de ruptura catalítica y se clasifica en tres tipos: grado refinería, grado químico o grado petroquímico. La Refinería de Cartagena produce únicamente el grado refinería y es materia prima para la empresa Propilco, situada también en la ZIM de Cartagena.

Azufre: es un elemento químico de color amarillo verdoso, de olor característico y estado sólido, a temperatura ambiente. En refinería se obtiene mediante la oxidación catalítica del sulfuro de Hidrógeno - H_2S, que proviene de los gases que generan las plantas de ruptura catalítica, y éste es de alta pureza. Su principal aplicación son las producciones de ácido sulfúrico, óleum y sus derivados (sulfatos, sulfitos, sulfuros, etc.). Se utiliza directamente en la vulcanización del caucho y en la fabricación de algunos tipos de acero.

2.2.2.2.2 Configuración futura de la refinería

El esquema de proceso de refinación finalmente seleccionado por Refinería de Cartagena S.A., es el más ambicioso posible desde el punto de vista técnico y flexible para el procesamiento de crudos de distintos orígenes. Uno de los objetivos de la nueva operación de la Refinería es poder procesar los crudos livianos y pesados provenientes de los diferentes campos de producción del interior de país, pero también crudos pesados (de menor gravedad API y mayor contenido de Azufre) importados. Típicamente estos crudos son los más económicos del mercado, lo cual permitirá aumentar el margen bruto de

operación. Los crudos ingresan a la Refinería por medio Buques tanques y del oleoducto Coveñas - Cartagena.

Tabla 2-8 Configuración de materias primas en la Refinería

CARACTERISTICA	ACTUAL	NUEVA
GRAVEDAD API	26 - 28 ° API	20 - 22 ° API
AZUFRE	1,0% Máx.	2,0 % Máx.

Fuente: REFICAR

Los crudos que se podrán procesar, por el diseño de la refinería, se relacionan a continuación, los cuales, que debidamente preparados y mezclados, se envían a la planta de crudos.

Tabla 2-9 Materias primas de carga en la Refinería ampliada

CRUDO	CANTIDAD (BPD)	PAÍS ORIGEN
Marlim	33.000	Brasil
Dalia	22.000	Angola
Escalante	11.000	Argentina
Kuito	11.000	Angola
Lokele	22.000	Camerún
Vasconia	22.000	Colombia
Caño Limón	11.000	Colombia
Rubiales	33.000	Colombia

Fuente: REFICAR.

Además de estos crudos, la Refinería no descarta el que, de acuerdo con las condiciones del mercado, sea más conveniente utilizar otros tipos de crudo o importar productos refinados, para en su mezcla con los colombianos aprovechar oportunidades de negocio.

El esquema operativo permitirá la conversión casi total del crudo procesado a productos valiosos. Con la introducción de la unidad de coque, la actual producción del combustóleo pesado dará paso a la producción de un mayor volumen de destilados medios y gasolinas, así como del nuevo producto coque tipo ánodo, el cual tiene una buena demanda en el mercado internacional. La comparación de los rendimientos de productos blancos y negros (sin el coque) se presenta a continuación:

Tabla 2-10 Comparación de rendimientos productos de conversión

RENDIMIENTO (%VOL)	CONFIGURACION ACTUAL	CONFIGURACION NUEVA
PRODUCTOS BLANCOS	74,0	>94
PRODUCTOS NEGROS	26,0	2,2

Fuente: REFICAR

La nueva configuración permitirá la entrega de productos con la máxima calidad requerida por los mercados nacional y externo. En la siguiente tabla se presenta la comparación de contenidos de Azufre en las gasolinas y diesel

Tabla 2-11 Comparación de niveles de Azufre en gasolinas y diesel (ppm)

Producto	Cantidad de Azufre Configuración Actual	Cantidad de Azufre de acuerdo con la regulación Colombiana al año 2012 Ley 1205 del 14 de julio de 2008	Calidad máxima que puede producir la refinería ampliada
GASOLINAS	1000 PPM	300 PPM	30 PPM
DIESEL	4000 PPM	50 PPM	8 PPM

Fuente: REFICAR

Para lograr esto, se requiere la construcción de plantas de hidrotratamiento de naftas y diesel, así como tres nuevas plantas para la producción de Azufre líquido puro.

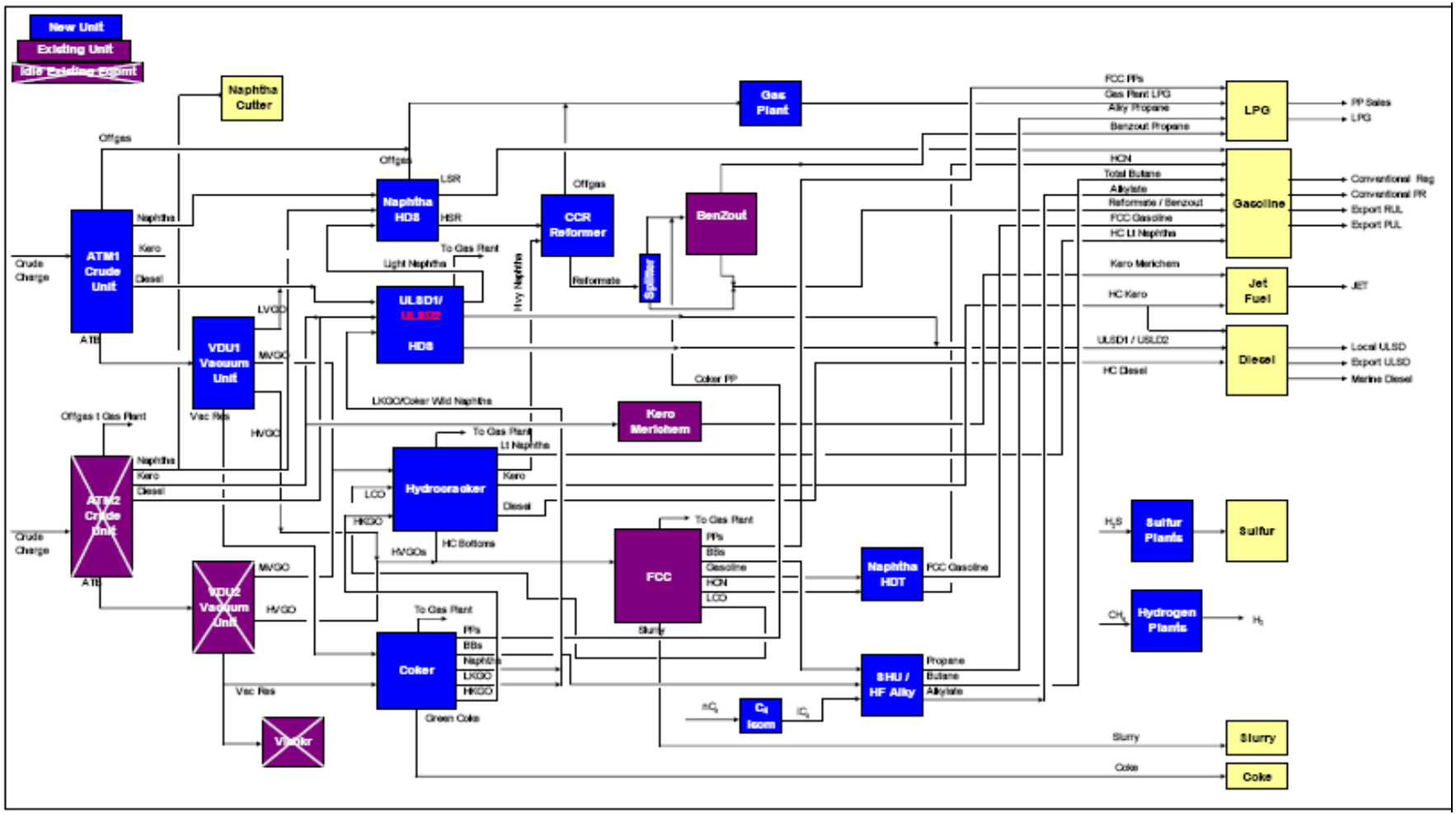
La Refinería de Cartagena ampliada va a estar conformada por las siguientes unidades de proceso, las cuales están integradas como se ve en la Figura 2-12:

Tabla 2-12 Unidades que conforman la ampliación de la Refinería

UNIDAD	CAPACIDAD	LICENCIADOR
Destilación Crudo	165 KBD	KBC
Destilación al Vacío	92 KBD	KBC
Coquización	40 KBD	LUMMUS
Hydrocracker	35 KBD	UOP
FCC	35 KBD	EXXON MOBIL
HDT Naftas FCC	15 KBD	CD TECH
HDT Naftas	25 KBD	UOP
Reformado	25 KBD	UOP
Benzout	6 KBD	EXXON MOBIL
Tratamiento Jet	20 KBD	MERICHEM
HDT Diesel 1	35 KBD	UOP
HDT Diesel 1	35 KBD	UOP
Butamer	1 KBD	UOP
Alquilación	5 KBD	UOP
Hidrógeno	90 MMSCFD	CB&I
Azufre	270 KBD	CB&I

Fuente: REFICAR

Figura 2-12 Configuración futura de la Refinería de Cartagena



Fuente: REFICAR

El balance de masa global de la nueva configuración de la Refinería será el siguiente:

Figura 2-13 Balance de masa global de la nueva configuración de la Refinería de Cartagena



Nota: Este balance no contempla el consumo de combustible, de aire y de agua.
Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

A continuación se presenta la lista de sustancias e insumos que se usarán en la Refinería:

Tabla 2-13 Insumos que serán utilizadas en la Refinería de Cartagena

Nombre común	Fórmula	No. CAS	Estado	Usos
Soda cáustica IUPAC: hidróxido de sodio	NaOH	1310-73-2	Líquido	Kero Merichem, saturación de gases, reformado catalítico, plantas de Azufre, PTAR, planta de agua industrial.
Hidróxido de potasio IUPAC: hidróxido de potasio	KOH	1310-58-3	Líquido	Alquilación.
Tricloroetano IUPAC: tricloroetano	CH_3CCl_3	71-55-6	Líquido	Reformado catalítico continuo.
Cloruro férrico IUPAC: cloruro férrico	$FeCl_3$	7705-08-0	Líquido	PTAR.
Ácido fosfórico IUPAC: trioxofosfato (V) de triHidrógeno	H_3PO_4	7664-38-2	Líquido	PTAR.
Hipoclorito de sodio IUPAC: hipoclorito de sodio	NaClO	7681-52-9	Líquido	PTAR.
Ácido sulfúrico IUPAC: Tetraoxosulfato (VI) de Hidrógeno	H_2SO_4	7664-93-9	Líquido	PTAR, planta de agua industrial.
Carbón activado	C	7440-44-0	Sólido	Kero Merichem (catalizador), PTAR, planta de agua industrial.
Cloro IUPAC: cloro	Cl_2	7782-50-5	Gaseoso	Planta de agua industrial.
Ácido fluorhídrico IUPAC: Fluoruro de Hidrógeno	HF	7664-39-3	Líquido	Catalizador de la alquilación.
Monoetanolamina (MEA) IUPAC: 2-aminoetanol	$NH_2CH_2CH_2OH$ o sea C_2H_7NO	111-42-2	Líquido (>10,6°C)	Unidades de amina de FCC, coquización, USLD1/2, hidrocraqueo, CDTech®, PSA, Kero Merichem, planta de saturación de gas.
Dietanolamina (DEA) IUPAC: 2-(2-hidroxietilamino)etanol	$(HOCH_2CH_2)_2NH$ o sea $C_4H_{11}NO_2$	115-07-1	Líquido (>27,8°C)	
n-butano IUPAC: Butano	$CH_3CH_2CH_2CH_3$ o sea C_4H_{10}	106-97-8	Gaseoso	Isomerización C4 para alquilación (Butamer).
Gas natural (metano) IUPAC: Tetrahidruro de Carbono	CH_4	74-82-8	Gaseoso	Generación de Hidrógeno.
Catalizadores sólidos			Sólido	Hidrodesulfurización kero/diesel (USLD1/2), Hidrodesulfurización de la nafta (NHT), reformado catalítico, BenzOut, hidrocraqueo, craqueo catalítico, CDTech, Butamer, Kero Merichem.

Fuente: Reficar, ajustada por la Unidade de Desarrollo Energético y Ambiental de Araujo Ibarra &Asociados.

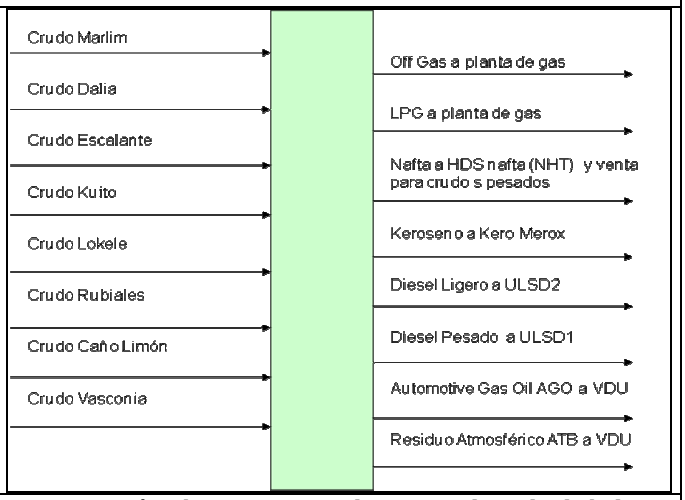
Las nuevas unidades y las modificaciones a las existentes, que serán implementadas con la ejecución del proyecto son las siguientes:

A. - Unidades de refinación de los productos extraídos por destilación

Unidad de destilación atmosférica

La Refinería contará con una unidad adicional a la existente, con 90 KBPD (ATM1) (descrita en la configuración actual de capacidad y de 75 KBPD). El diagrama de corrientes es:

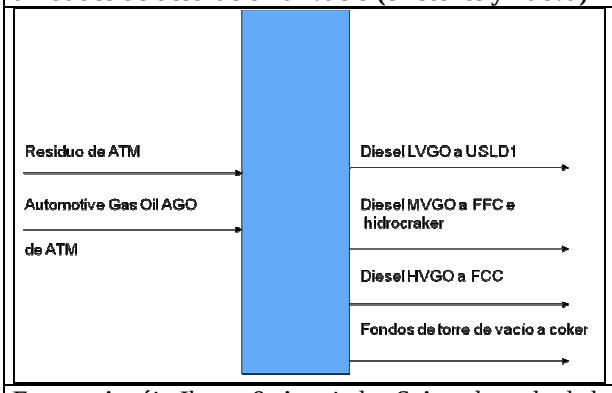
Figura 2-14 Diagrama de corrientes con dos unidades de destilación atmosféricas (existente y nueva)



Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

Unidad de destilación al vacío

Figura 2-15 Diagrama de corrientes de las dos unidades de destilación al vacío (existente y nueva)



La Refinería contará con una unidad adicional de 55 KBPD (VDU1) de capacidad, la cual apoyará el trabajo de la unidad existente, que tiene una capacidad de 37 KBPD (descrita en la configuración actual). Aquí, el diagrama de corrientes aparece a la izquierda.

Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

Estas dos unidades, son el inicio de todo el proceso de transformación de los productos del petróleo, y de ellas se obtendrán los siguientes productos, insumos para los demás procesos:

- Gases 0,1155 MMSCFD
- Nafta Virgen 12.190 BPD
- Jet 11.356,4 BPD
- Diesel 45.677,5 BPD
- Gasóleos 53.485,3 BPD
- Brea Virgen 42.165,2 BPD

Gases: se envían a la planta de separación de gases, donde se mezclan con otras corrientes de gas, producidas en otras unidades. Los productos principales de esta unidad son: propano, butano, isobutano y gasolinas. Todos quedan debidamente separados y listos para ser enviado a otras plantas o para mezclarse con otras corrientes.

Nafta virgen: se envía a la unidad de hidrotratamiento de nafta para removerle casi todo el Azufre. Ahí se separa en nafta virgen liviana, la cual se envía a la planta de mezclas, y la nafta virgen pesada, que se envía a la unidad de reformado catalítico, en la cual se aumenta su octanaje. Esta nafta, de mayor octano, antes de mezclarla con otras naftas producidas en la Refinería, se someterá al proceso de BenzOUT, en el cual se elimina el contenido de benceno, mediante su reacción con el propileno, para obtener propilbenceno, que es un componente más amigable desde el punto de vista ambiental.

Jet: prácticamente este producto sale listo de la planta de crudo para su uso final. Sólo se somete a un proceso de lavado con agua y soda, para retirarle algunos compuestos corrosivos, luego se envía a almacenamiento.

Diesel: dada la normatividad ambiental, la corriente de diesel debe ser sometida al proceso de hidrotratamiento, con el fin de removerle prácticamente todo el contenido de Azufre. Antes de ingresar a esta unidad, el diesel se mezcla con otras corrientes de destilados medios. La Refinería contará con dos unidades de hidrotratamiento - gemelas, lo cual permitirá una mayor flexibilidad en la operación: la programación de los mantenimientos reduce la operación a la mitad de la carga, se puede diferenciar la producción de diesel local y el de exportación. Del hidrotratamiento, el diesel para a los tanques de almacenamiento.

Gasóleos: es una corriente intermedia que sigue procesos de conversión en las unidades de hidrocracking y cracking catalítico / alquilación. En estas unidades, mediante catalizadores especializados, condiciones especiales de temperatura y presión, el gasóleo se convierte en productos valiosos: 1) de hidrocracking se obtienen gases, naftas, el jet y diesel, 2) del cracking catalítico se obtiene propano, propileno, butano, naftas crackeadas (liviana y pesada), nafta de alquilación, aceite liviano de ciclo, y arotar. Es importante anotar que las naftas craqueadas llevan un alto contenido de Azufre, por lo cual pasan a hidrotratamiento.

Brea Virgen: no se utiliza directamente como se produce, sigue un proceso denominado **"delayed coker",** donde la brea virgen es sometida a alta temperatura y presión (en un

horno especializado). Los gases que salen del horno son separados en gasóleos, nafta, propileno y butilenos. Del horno, se obtiene un residuo sólido llamado "coque".

La combinación de todas las corrientes producidas en las diferentes plantas, así como las diferentes formas de operar de cada una de las plantas, le permitirán a la Refinería disponer de diferentes modos de operación, los cuales estarán en función de las condiciones más favorables del mercado. Lo anterior significa que la Refinería podría tener periodos en los cuales opera, por ejemplo, maximizando la producción de gasolinas, otros, en los cuales maximizaría la producción de destilados medios (jet y diesel). Igualmente, en caso que hacia el futuro aparezcan nuevas plantas petroquímicas, con requerimientos de materia prima de origen la Refinería, se podrá ajustar el esquema operacional para brindar este suministro. Las producciones que generará la Refinería ampliada son las siguientes:

Tabla 2-14 Distribución de Productos en la Refinería ampliada

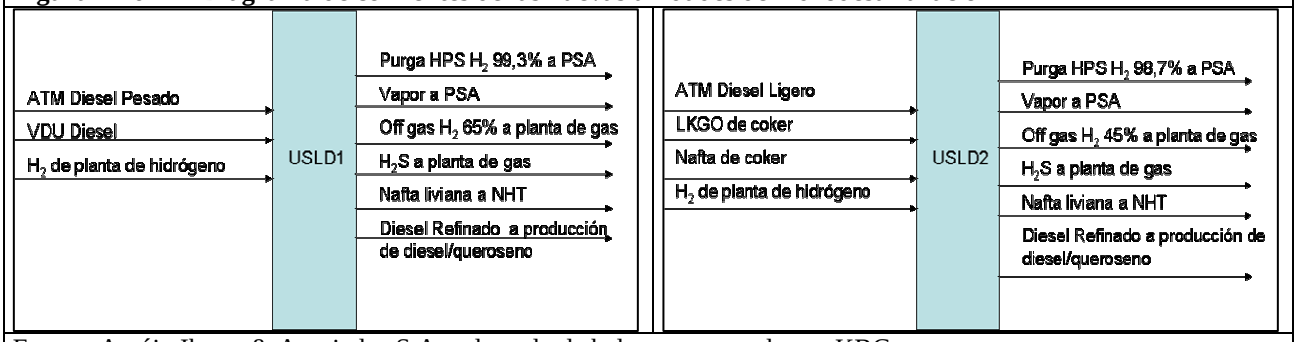
Productos Netos C_3 +	Rendimiento BPD
GLP	3,596
Gasolina	35,015
Jet	10,000
Diesel	89,168
Slurry	3,344
Coque Ánodo, te/d	1,922

Fuente: REFICAR

La descripción del proceso de las unidades siguientes a la destilación primaria es el siguiente:

Hidrotratamiento: consiste en la desulfuración del destilado medio diesel (USLD1/2). En la nueva configuración se prevé reemplazar el actual tratamiento de despojo de Azufre con soda cáustica por la instalación de dos unidades, de 35 KBPD de capacidad individual, que recibirán además fracciones intermedias de la nueva unidad de coquización, conforme los diagramas que se presentan a continuación:

Figura 2-16 Diagrama de corrientes de las nuevas unidades de hidrodesulfuración

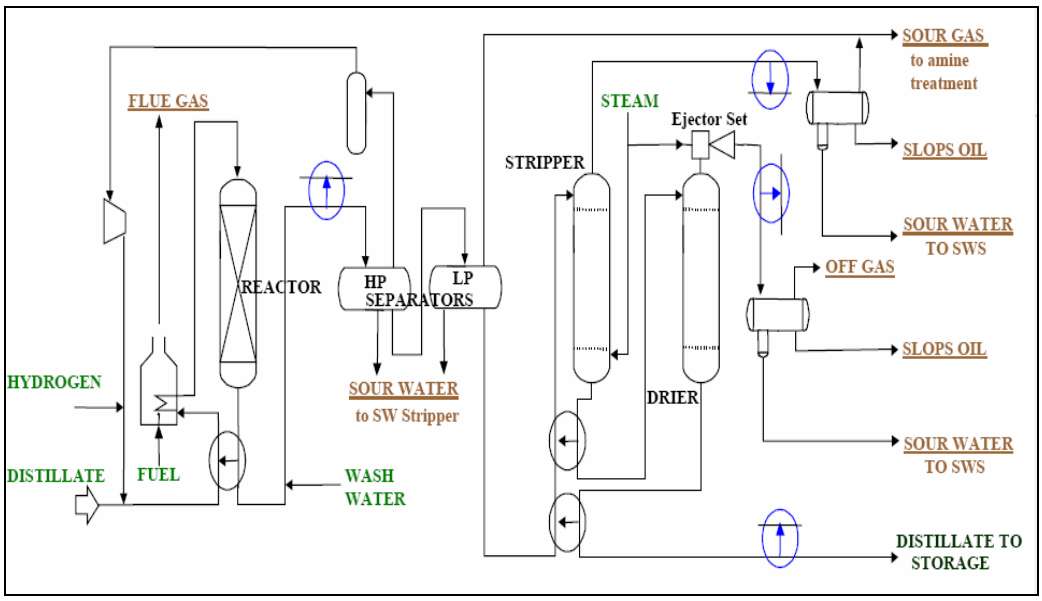


Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

Estas unidades están diseñadas para remover el Azufre y el Nitrógeno de las corrientes, mediante la aplicación de importantes cantidades de Hidrógeno, en presencia de catalizadores, bajo condiciones de altas temperatura y presión. El diesel desulfurado es enviado a la unidad de preparación de diesel y combustible para aviones. El destilado es calentado, y luego alimentado al reactor, donde es parcialmente vaporizado bajo condiciones severas (típicamente 330-390° C y 40-70 BAR (g). En caso de trabajar con flujos de alto contenido de Nitrógeno, los depósitos sólidos $(NH_4)_2S$ y NH_4Cl son susceptibles de formarse en las paredes del reactor, por lo cual, deberán ser removidos con agua. Los productos de esta reacción son separados, mediante un stripper y un secador, en cuatro corrientes principales:

- Diesel desulfurado, que es la principal corriente, el cual es enviado a la preparación de los combustibles diesel y jet,
- Nafta (hidrocarburo livianos), es enviada a una de las unidades de hidrotratamiento,
- Gas ácido (H_2S), es enviado a tratamiento en la planta de saturación de gases, y
- Agua ácida (vapor condensado), es enviado a tratamiento de aguas aceitosas.

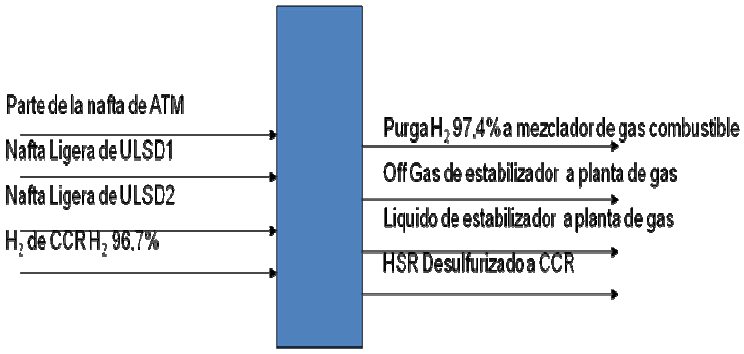
Figura 2-17 Diagrama de flujo una unidad típica de hidrodesulfuración



Fuente: Integrated pollution prevention and control (IPPC). Reference Documents on Best Available Techniques (BREF) for Mineral Oil and Gas Refineries.

Hidrotratamiento de nafta – NHT: esta nueva unidad tendrá una capacidad de 25 KBD. Utilizará una pequeña parte del Hidrógeno generado en la nueva unidad de reformado catalítico continuo, lo cual permitirá absorber el GLP contenido en esta corriente gaseosa. El producto principal de esta unidad, la nafta desulfurizada, será enviada a la unidad de reformado, de acuerdo al siguiente diagrama:

Figura 2-18 Diagrama de corrientes de la nueva configuración de la unidad de hidrotratamiento de nafta



Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

La nafta se mezcla con una corriente rica en Hidrógeno, calentada y vaporizada en un intercambiador de calor alimentación / productos, y un horno, y finalmente es alimentada a un reactor con lecho fijo, de catalizador cobalto / níquel / molibdeno. Las condiciones de operación típicamente son 320-380°C y 30-40 BAR.

Los productos de la reacción son enfriados en el intercambiador de calor y un equipo complementario de enfriamiento. Un separador alta presión permite extraer los vapores, con alto contenido de Hidrógeno, mediante la destilación flash, para que pueda ser reciclado al reactor. Como en el caso de la hidrodesulfuración del destilado medio, se puede inyectar agua de lavado, para prevenir las incrustaciones de sales de amonio en el reactor, en cuyo caso el agua deberá ser tratada.

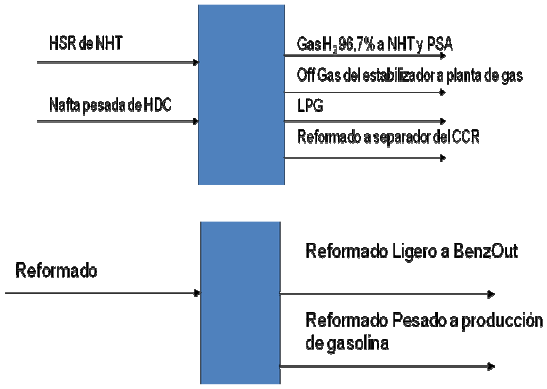
Reformado catalítico continuo de la nafta – CCR: el propósito de esta nueva unidad, de 25 KBPD de capacidad, es la de mejorar la calidad de los productos que salen del hidrotratamiento de nafta, en cuanto a su índice de octano. Para ello, se incrementa la proporción de compuestos aromáticos al producto. Durante el proceso de reformado ocurren cuatro reacciones principales, utilizando varios reactores conectados y distribuidos verticalmente, que operan a una temperatura de 470,6 - 515° C y a presiones de 15-30 BAR(g):

- Deshidrogenación de los naftenos, con lo cual se generan compuestos aromáticos,
- Deshidrociclización de las parafinas en aromáticos,
- Isomerización,
- Hidrocraqueo.

Las corrientes de alimentación a esta unidad serán la nafta desulfurizada de la unidad NTH y la nafta pesada de la unidad de hidrocraqueo. El principal producto será un reformado, que posteriormente se separa en reformado pesado, para la producción de gasolina, y

reformado liviano, también para producción de gasolina. Ello, previo al tratamiento en la nueva unidad BenzOut. De esta unidad también es de interés la generación de Hidrógeno, elemento requerido por las unidades de hidrotratamiento e hidrocraqueo. El diagrama de la unidad es el siguiente:

Figura 2-19 Diagrama de corrientes de la nueva unidad de reformado catalítico continuo



Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

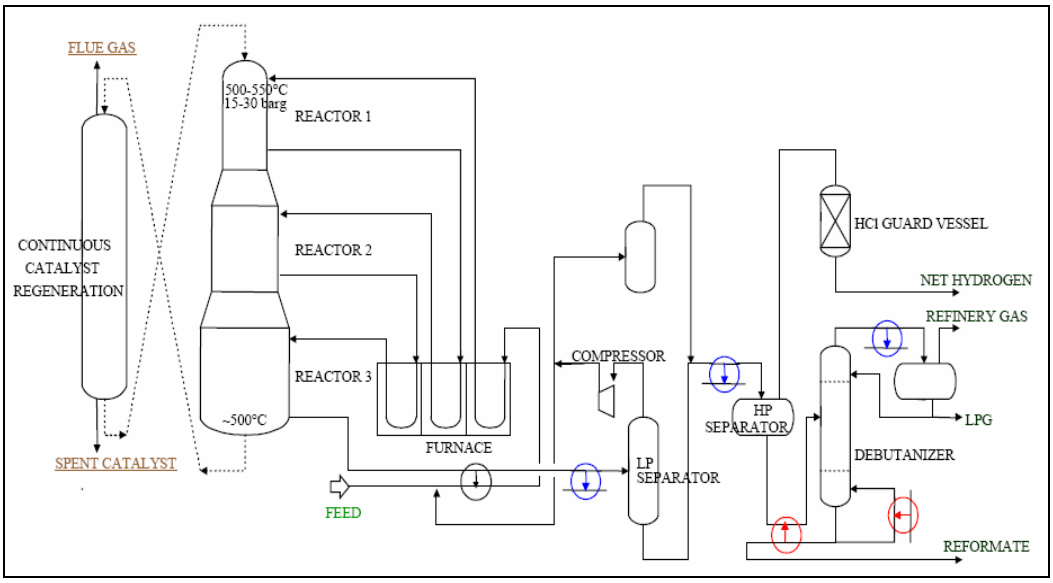
El catalizador que se utilizará será a base de platino, el cual será regenerado en forma permanente - reformado continuo, mediante la combustión del coque formado y adherido a su superficie, que posteriormente es reincorporado al reactor en su parte alta, con lo cual se permitirá mantener una alta actividad operativa. El catalizador que haya perdido su eficiencia, será removido en la parte inferior del regenerador y enviado a un regenerador externo.

La reacción de deshidrogenación es endotérmica, por lo cual la unidad requerirá de varios sistemas de calentamiento. La mezcla del último reactor también será utilizada para calentar la corriente de alimentación antes de ser enfriada, y entrada al separador de baja presión, donde el Hidrógeno será separado, comprimido y parcialmente reciclado, a la corriente de alimentación de la nafta.

El vapor remanente será comprimido nuevamente a mayor presión, se pondrá en contacto con el líquido del separador de baja presión, enfriado y finalmente alimentado al separador de alta presión, de 6,2 BAR(g). Este manejo operativo permitirá recuperar una mayor parte de la fracción C_3/C_4 de la corriente de Hidrógeno. El Hidrógeno será tratado con tricloroetano y será enviado a purificación - PSA.

La unidad de reformado catalítico también contará con un desbutanizador, que permitirá remover del producto reformado el GLP y un gas de proceso, que será valorizado en la Refinería como un gas de combustible interno para la planta de saturación de gas. La presión de operación y el ratio H_2 / alimentación serán factores claves, que se deben considerar para asegurar un equilibrio entre los criterios de operación estable y altos rendimientos.

Figura 2-20 Diagrama de flujo de una típica unidad de reformado catalítico continuo

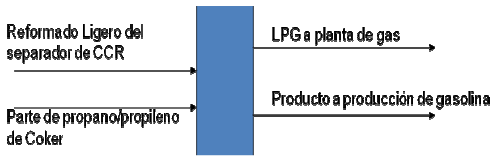


Fuente: Integrated pollution prevention and control (IPPC). Reference Documents on Best Available Techniques (BREF) for Mineral Oil and Gas Refineries.

Alquilación del reformado – BenzOut: este proceso fue desarrollado por Exxon-Mobil Research and Engineering Co. - EMRE. Consiste en un proceso de alquilación, en el cual una corriente rica en benceno reacciona con olefinas livianas, como etileno o propileno, para obtener un alquilato de alto octanaje (+2-5).

La configuración de esta nueva unidad, con una capacidad 6 KBPD, facilitará la modernización de la actual unidad de isomerización C_5/C_6, ya que tratará la corriente de reformado ligero, de la unidad de reformado catalítico continuo, utilizando parte de la corriente de propano/propileno del coquizador. El proceso se puede observar en el siguiente diagrama:

Figura 2-21 Diagrama de corriente de la nueva unidad de BenzOut

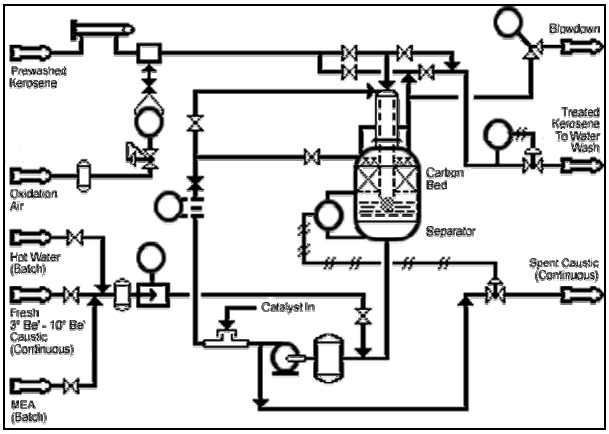


Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

Oxidación catalítica de mercaptanos -Kero Merichem: esta unidad permite la remoción de los mercaptanos de la corriente de queroseno, que viene de la destilación atmosférica, y está destinada a la preparación del combustible Jet. El proceso inicia cuando el keroseno crudo, proveniente de la unidad de crudo ATM1, pasa a través de un prelavado cáustico convencional, para eliminar la mayor parte de los ácidos nafténicos. Este queroseno suavizado es dirigido a un sedimentador cáustico, en el cual se puede recircular periódicamente la solución cáustica, con el fin de mantener el catalizador en condiciones

alcalinas. Luego, el queroseno es bombeado al sistema de Merichem - MERICAT II, que consiste en un recipiente vertical con un contactor de doble película, donde se busca eliminar las trazas finales de ácidos nafténicos y a la vez, oxida los mercaptanos, mediante una cama de catalizador, impregnada con carbón activado. Luego, este queroseno dulce - MERICAT II, pasa por una columna vertical convencional de lavado, con el fin de remover las trazas residuales de soda cáustica y surfactantes solubles en agua. El agua que se utiliza en este proceso se dirige hacia la planta de tratamiento de aguas residuales de la Refinería. El queroseno es filtrado en un lecho mineral de arcilla, con el propósito de remover el agua y los surfactantes solubles en aceite, compuestos organometálicos (en particular el Cobre) y el material particulado. Este queroseno, ya tratado, se envía al tanque de preparación del diesel jet[11]. La siguiente figura muestra el esquema típico del proceso descrito:

Figura 2-22 Sistema de la oxidación Mercaptano del queroseno - MERICAT II



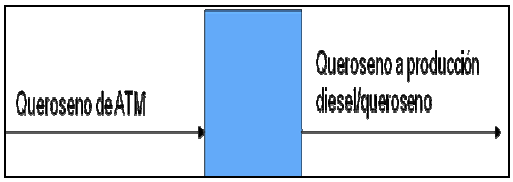
Fuente: Merichem Company, www.merichem.com/products_services/refining_technology/index.php

Las transformaciones que ocurren en el sistema de MERICAT II son las siguientes:

- Extracción ácida nafténica: R-COOH + NaOH → RCOONa + H_2O
- Extracción de los mercaptanos: RSH + NaOH → RSNa + H_2O
- Oxidación de los mercaptides: 2 RSNa + 2 H_2O + O_2 → RSSR + 2 NaOH + H_2O

[11] Guy Francoise, Elf France y Tom Varadi - Merichem Company, La tecnología del hidrocarburo, 1993, www.merichem.com/products_services/refining_technology/index.php

Figura 2-23 Diagrama de corrientes de la nueva unidad de Kero Merichem

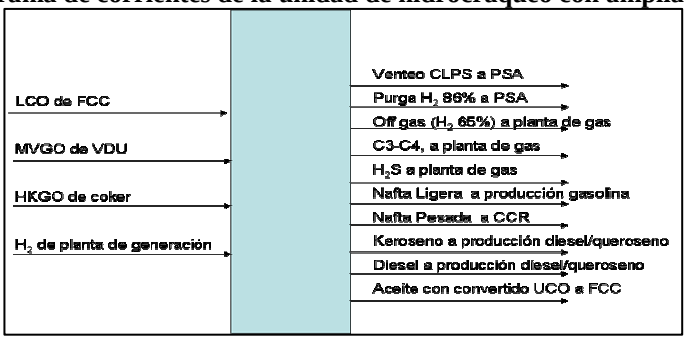


Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

B. - Unidades de refinación de los productos no extraídos por destilación

Hidrocraqueo – HDC: la capacidad de la actual unidad será ampliada a 35 KBPD. El diagrama de corrientes de la nueva configuración es el siguiente:

Figura 2-24 Diagrama de corrientes de la unidad de hidrocraqueo con ampliación



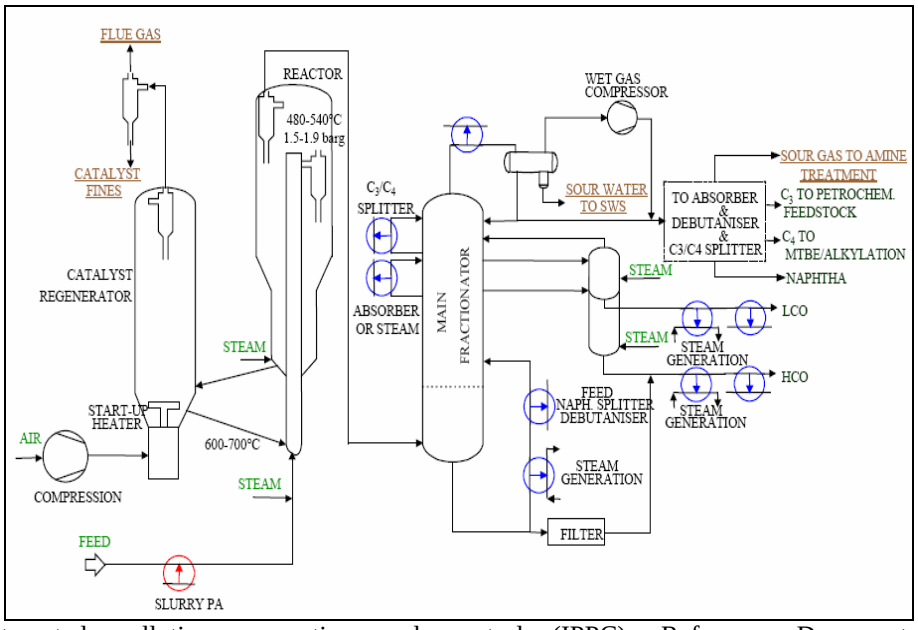
Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

Unidad de craqueo catalítico en lecho fluidizado - FCC: la unidad existente, denominada URC, será modernizada para facilitar la conversión del gasóleo de vacío medio y alto (que viene de la unidad de destilación al vacío) y del aceite no convertido (de la unidad de hidrocraqueo - flujo menor) en fracciones más ligeras, mediante la aplicación de calor y de un catalizador. La capacidad de procesamiento de esta Unidad estará en 35 KBPD.

Comparado con otras tecnologías de conversión, el craqueo catalítico ofrece un mejor rendimiento para la producción de gasolina de buena calidad y cantidades relativamente altas de hidrocarburos C_3 y C_4. Los sistemas de lecho fluidizado son los más utilizados por las refinerías, seguidos por los de lecho móvil, luego están los de lecho fijo. Una unidad de craqueo catalítico en lecho fluidizado se compone de 3 secciones:

- Reactor-regenerador, incluyendo el soplador y la caldera de recuperación de calor,
- Sección de fraccionamiento, incluyendo la compresión del gas húmedo, y
- Sección de gases no saturados.

Figura 2-25 Diagrama de flujo de una típica unidad de craqueo catalítico en lecho fluidizado



Fuente: Integrated pollution prevention and control (IPPC). Reference Documents on Best AvailableTechniques (BREF) for Mineral Oil and Gas Refineries

El flujo de alimentación y el vapor de aceite serán precalentados a 150° C y luego puestos en contacto con el catalizador caliente. Este será zeolita en polvo fino de silica-alumina sintética amorfa con metales. La temperatura es de 522° C en la primera sección del reactor. El flujo de alimentación es atomizado con vapor, para una mayor eficiencia del craqueo, proceso que ocurre a una temperatura por lo general de 500 - 540° C y una presión de 1,8 BAR(g).

Un ciclón en 2 etapas permite la separación del vapor de hidrocarburos en productos de la reacción y del catalizador fluidizado. Parte del catalizador se pierde como material particulado. Adicionalmente, el catalizador necesita ser regenerado continuamente o periódicamente, para efectos de remover el coque que se va formando en su superficie, lo cual se hace por medio de una quema, en presencia de aire a altas temperaturas, 665° C y 1,9 BAR(g). El calor de esta combustión será aprovechado para generar energía. Este coque puede ser valorado como combustible para uso interno de la Refinería. El catalizador regenerado es devuelto a la base del reactor, donde es enfriado, por el flujo de alimentación y el vaporizador del reactor. Con el tiempo, el catalizador se desactiva, dada su exposición a altas temperaturas y a la contaminación por metales, principalmente por vanadio y níquel.

Los productos del craqueo, en fase de vapor, pasan a la torre de fraccionamiento. Las distintas fracciones son sometidas a stripping, con el fin de remover los hidrocarburos volátiles y realizar su enfriamiento. La fracción obtenida de mayor peso es el slurry, la cual

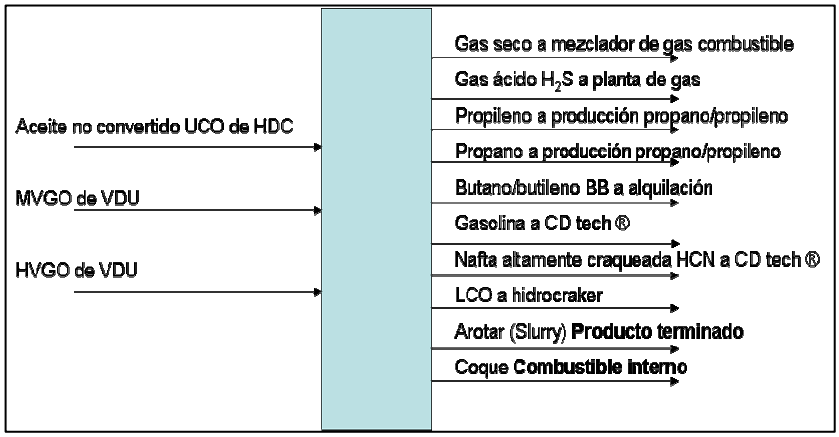
es en parte recirculada a la columna de fraccionamiento (previo su enfriamiento en el flujo de alimentación y del vaporizador del reactor). Esta recirculación tiene como objetivo lavar y enfriar (por un proceso denominado quench) los productos del craqueo, con lo cual se previene una posible reacción. La otra parte del slurry es filtrado, para efectos de remover las partículas de catalizador y luego es enfriado. En la Refinería de Cartagena éste será almacenado como producto terminado arotar (alquitrán aromático).

El gas de cabeza de la torre de fraccionamiento, es parcialmente condensado y luego separado en 3 fases:

- Gaseosa, gas combustible, gas ácido, hidrocarburos para preparación de productos,
- Líquida, compuesta de hidrocarburos, y
- Líquida, compuesta de agua ácida.

A continuación se puede apreciar la configuración de esta unidad:

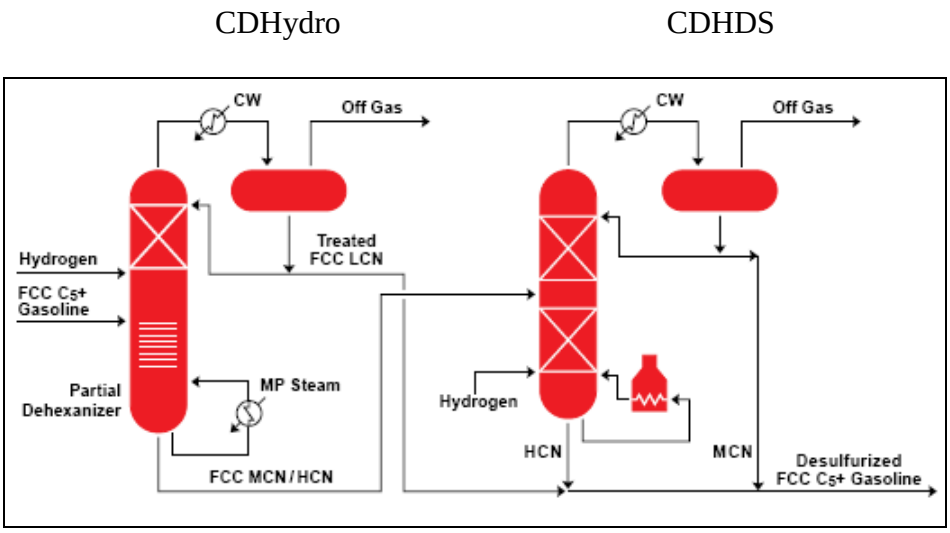
Figura 2-26 Diagrama de corrientes de la futura unidad de craqueo catalítico en lecho fluidizado



Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

Hidrodesulfuración de la nafta de la FCC, mediante destilación catalítica (Cd-Tech®): esta nueva unidad tendrá una capacidad de 15 KBPD. Su propósito será la producción de gasolina de bajo contenido de Azufre y alto octanaje. La tecnología a implementar se caracteriza por su flexibilidad frente a las variaciones de calidad del flujo de alimentación, así como la longevidad de su catalizador.

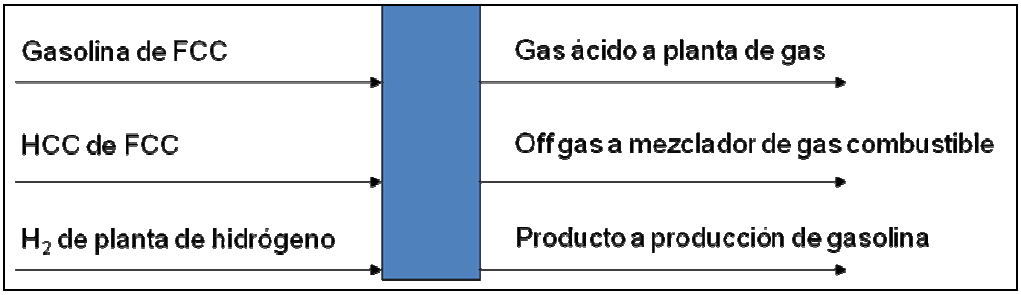
Figura 2-27 Diagrama de proceso de una típica unidad CDTech®



Fuente: CDTECH®.

La nafta es alimentada a la columna de fraccionamiento, generando 2 corrientes: nafta liviana catalítica - LCN y nafta media y pesada catalítica - MCN/HCN. Esta columna cuenta en su parte superior con un lecho catalizador, a base de níquel, que favorece la reacción y la destilación, en forma simultánea. Se inyecta Hidrógeno debajo del catalizador, el cual se mezcla con el vapor y sube a través del catalizador. En el lecho, el líquido y el vapor fluyen en contracorriente, permitiendo la reacción de los dienos con los mercaptanos, lo cual facilita su casi total remoción, dada la formación de sulfuros de alto punto de ebullición, los cuales salen con la corriente de nafta pesada. Esta corriente es precalentada y alimentada a la segunda columna, donde es fraccionada, mediante su paso por un lecho catalizador de cobalto / molibdeno. Como resultado, se obtienen destilados, uno medio catalítico de nafta - MCN y otro, una nafta pesada catalítica -HCN. La columna cuenta también con un rehervidor y una inyección de Hidrógeno en la parte inferior, debajo del lecho de catalizador. Ello permite que el sulfuro, convertido en H_2S, sea removido por stripping, con el vapor del MCN. Este vapor se condensa, para generar i) un reflujo hacia la parte superior de la columna y ii) un destilado bajo en Azufre, que es extraído y mezclado con la corriente de HCN, de salida. Luego, se remueve el Hidrógeno de la corriente mezclada por stripping y se manda a la unidad de preparación de gasolinas. El vapor de venteo del tambor de reflujo, contiene Hidrógeno, sulfuro de Hidrógeno y compuestos livianos. El H_2S es removido por absorción, en una solución de amina, y el gas de venteo, es devuelto a la segunda columna (HDS). El diagrama de estas corrientes para la nueva unidad en la Refinería de Cartagena es el siguiente:

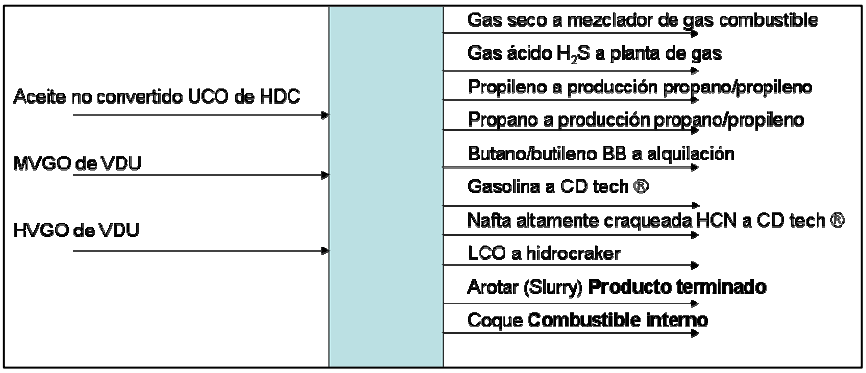
Figura 2-28 Diagrama de corrientes de la nueva unidad de hidrodesulfuración de la nafta de la FCC en la Refinería de Cartagena (CDTech®)



Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

Coquización retardada: esta nueva unidad tiene una capacidad de 40 KBPD y reemplazará la actual unidad de viscorreducción. Con ello, la Refinería podrá producir combustibles de buena calidad y el coque - grado anódico. El proceso para obtener el coque es un craqueo térmico severo, flexible en cuanto a su contenido de metales y otros contaminantes. En la Refinería se implementará la tecnología de coquización retarda, que es la más utilizada en los procesos de refinación y permite obtener un coque en estado sólido. El diagrama de esta corriente es:

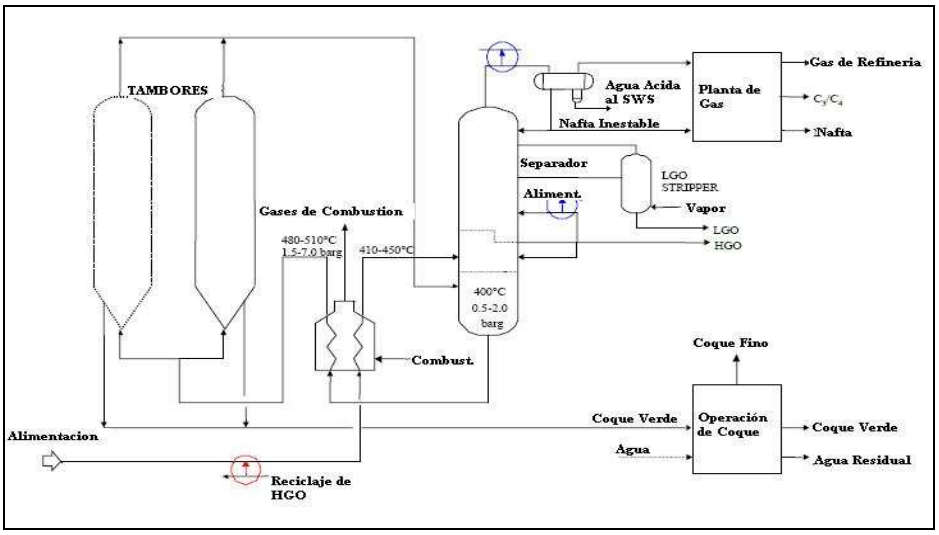
Figura 2-29 Diagrama de corrientes de la futura unidad de coquización retardada



Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

La coquización retardada se asimila a un craqueo térmico, con la diferencia que el tiempo de residencia en el reactor es mayor, y los flujos de alimentación no son enfriados. Una típica unidad de coquización retardada es la siguiente:

Figura 2-30 Diagrama de flujo de una típica planta de coquización retardada



Fuente: Integrated pollution prevention and control (IPPC). Reference Documents on Best Available Techniques (BREF) for Mineral Oil and Gas Refineries.

En el caso de la Refinería de Cartagena, el coque verde obtenido es posteriormente transformado en coque anodizado. Para ello, el flujo que se trae será introducido a una torre de fraccionamiento, con el fin de separar el material residual liviano de las fracciones pesadas. Las fracciones serán condensadas, calentadas en un horno (la temperatura de salida prevista es de 495° C) y luego introducidas a los tambores de coquización, donde la reacción de craqueo se llevará a cabo a una presión de 2,6 BAR(g) y a altas temperaturas (del orden de 440 - 450° C). Estas condiciones garantizarán la calidad de los productos finales. Este proceso será discontinuo: cuando uno de los tambores de coquización esté lleno, se iniciará la reacción que alimentará el otro tambor. Luego de la coquización, se inyectará vapor, para efectos de remover los vapores de hidrocarburos. Luego, se inyectará agua de enfriamiento (quench) y el coque será cortado con agua a alta presión. Esta agua será posteriormente sedimentada y recirculada en el proceso. El producto, coque verde húmedo será llevado a unas pilas, para permitir el escurrimiento del agua; esta agua también será recirculada. Los vapores de los tambores de coquización, serán dirigidos a la torre de fraccionamiento. Luego, con distintas fracciones y calidades, estos vapores serán extraídos para su aprovechamiento como gas combustible o producto terminado. El agua colectada será reciclada como agua de enfriamiento (quench).

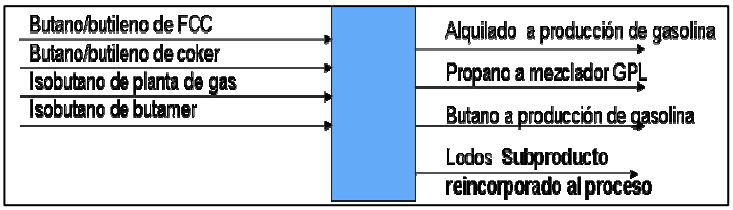
Planta de Alquilación con ácido fluorhídrico – HF: esta nueva unidad reemplazará la actual unidad de polimerización. La Alquilación es el proceso inverso al craqueo de los hidrocarburos, en el cual se forman moléculas más grandes y complejas, por medio de un catalizador. Este proceso es exotérmico y aumenta el volumen de la mezcla debido a los enlaces de las moléculas, lo cual hace que se reduzca su densidad. El propósito de esta Unidad es la obtención de componentes para gasolinas con alto índice de octano, por

reacción de olefinas ligeras de bajo peso molecular. En el caso de la Refinería, son butano / butileno, proveniente de las unidades de craqueo catalítico - FCC y de coquización, en reacción con el isobutano (obtenido de la unidad de isomerización - Butamer y de la planta de saturación de gas). De ahí, se forman las isoparafinas de 7 a 8 átomos de Carbono, que ofrecen buenas propiedades antidetonantes (alquilato) y, en una menor proporción, se obtiene propano y butano, que son enviados a la planta de mezcla de GLP y de gasolina, respectivamente.

La unidad generará una pequeña cantidad de lodos, con contenido de aceites solubles en ácido (ASO) altamente polimerizados (aceite negro espeso), los cuales serán neutralizados y posteriormente reincorporados al proceso.

Esta nueva configuración de la Refinería implica la eliminación del proceso de producción de MTBE, cuya planta estaba aprobada en la licencia ambiental del 2000, lo cual se hizo por consideraciones ambientales.

Figura 2-31 Diagrama de corrientes de la nueva unidad de alquilación



Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

Las plantas de alquilación suelen utilizar ácido sulfúrico o ácido fluorhídrico, como catalizador, donde el segundo es el que generalmente usan las plantas de última generación, pues ofrece las siguientes ventajas:

- Mayor eficiencia de conversión,
- Una más fácil regeneración del ácido, por destilación, y por lo anterior, un más bajo consumo de ácido,
- Una operación a mayores temperaturas, reduciendo así los requerimientos de enfriamiento,
- Menores costos de operación.

Los riesgos asociados al manejo del ácido fluorhídrico (sustancia corrosiva y tóxica) serán controlados en la Refinería, conforme a las mejores prácticas del sector petrolero (Guía API-751). Vale la pena destacar que el manejo de temperaturas altas favorecerá la descomposición de cualquier compuesto orgánico, con contenido de flúor que se haya podido formar en el proceso. Las etapas del proceso son las siguientes:

Deshidratación de las corrientes de alimentación, olefinas e isobutano con lo cual se minimizará el riesgo de corrosión.

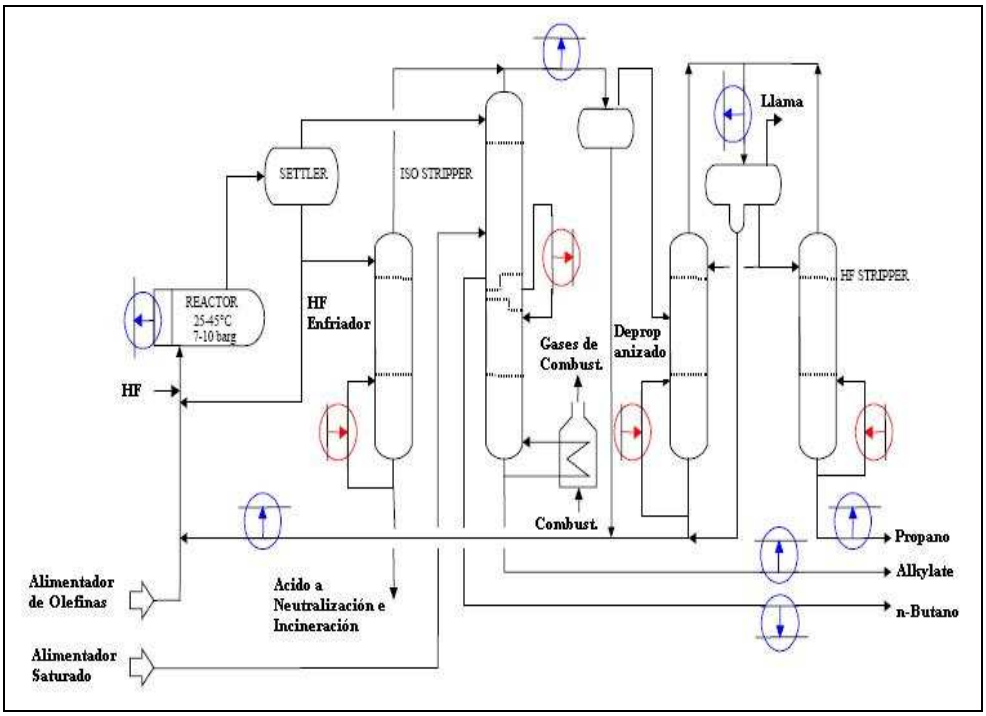
Reacción, los hidrocarburos se mezclarán en presencia del ácido fluorhídrico, recirculado. El reactor operará a 40,6° C y a una presión de 9 BAR(a). Contará con un sistema de enfriamiento, debido a que la reacción es exotérmica.

Separación de los productos y reactivos, el alquilato y el isobutano producidos en exceso serán separados del ácido fluorhídrico, por medio de un tanque sedimentador. El ácido será recirculado al reactor en parte, por la otra, se generarán unos lodos.

Separación de las fracciones livianas, el isobutano que no haya reaccionado, y otras fracciones ligeras, serán separados del alquilato, mediante stripping (a la columna también se alimentará isobutano fresco). El alquilato será purificado con hidróxido de potasio y enviado a la estación de formulación de gasolinas. La fracción de cabeza, esencialmente isobutano, será recirculada al reactor. La fracción intermedia (n-butano) será removida, tratada con hidróxido de potasio y enviada a la estación de preparación de productos (mezclador de GLP en el caso de la Refinería).

Despropanizador, parte de la fracción de cabeza se dirigirá a un despropanizador, para efectos de permitir la separación del propano. El isobutano recuperado en la parte inferior de la columna se reciclará al reactor. El ácido fluorhídrico, contenido en la fracción de cabeza del despropanizador, será removido mediante stripping y enviado a la estación de preparación de productos, previa aplicación de hidróxido de potasio.

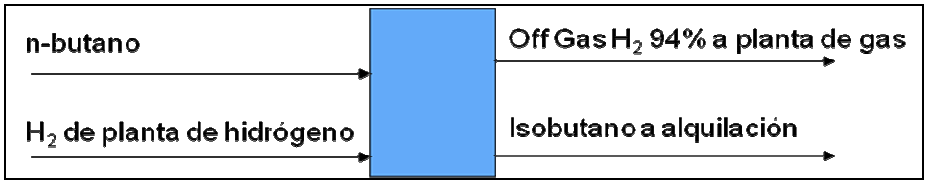
Figura 2-32 Diagrama de flujo de una típica planta de alquilación con ácido fluorhídrico



Fuente: Integrated pollution prevention and control (IPPC). Reference Documents on Best Available Techniques (BREF) for Mineral Oil and Gas Refineries.

Isomerización C4 – Butamer, esta unidad tendrá una capacidad para procesar 1 KBPD y permitirá convertir el butano normal en isobutano; ello, con el propósito de suministrar el isobutano requerido para la reacción de alquilación, completando de esta forma la oferta en la planta de saturación de gas.

Figura 2-33 Diagrama de corrientes de la nueva unidad de isomerización C4 (Butamer) de la Refinería de Cartagena

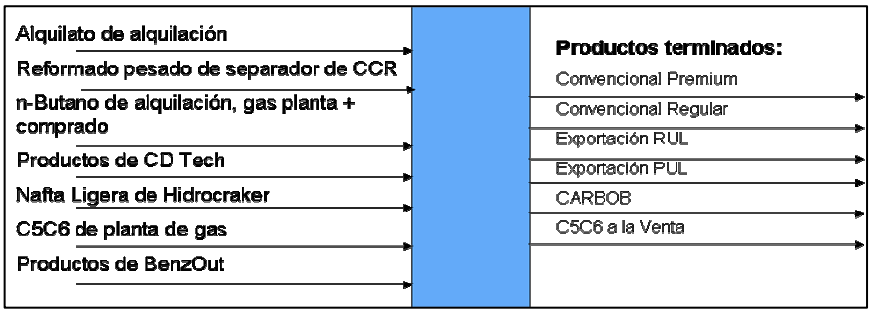


Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

C. - Unidades de preparación de productos terminados - hidrocarburos

Preparación de gasolinas. Esta unidad tendrá una nueva configuración y recibirá las corrientes resultado de las nuevas unidades de refinación, como la alquilación, el reformado catalítico, el CDTech y el BenzOut.

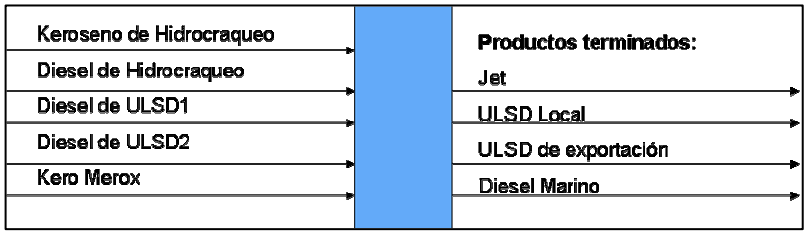
Figura 2-34 Diagrama de corrientes en la nueva configuración de la unidad de preparación de - gasolina



Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

Preparación de combustibles diesel/Jet. Por la nueva unidad de hidrocraqueo, la Refinería podrá producir diesel y queroseno con bajo contenido de Azufre.

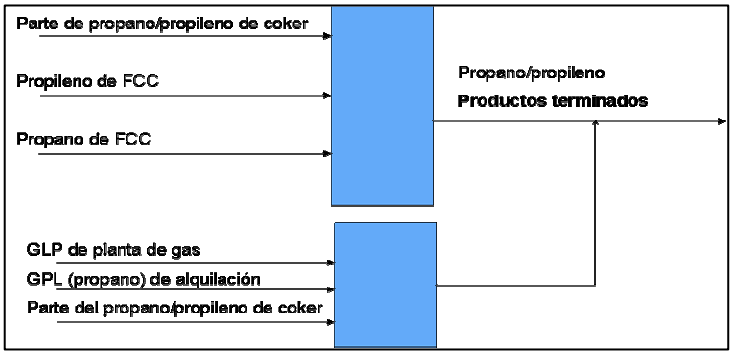
Figura 2-35 Diagrama de corrientes de la nueva configuración de la unidad de producción de diesel/queroseno



Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

Preparación de propano/propileno. La nueva configuración recibe los flujos generados por las nuevas unidades de coquización retardada, alquilación y la planta de saturación de gas.

Figura 2-36 Diagrama de corrientes de la nueva configuración de la unidad de producción de propano/propileno



Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

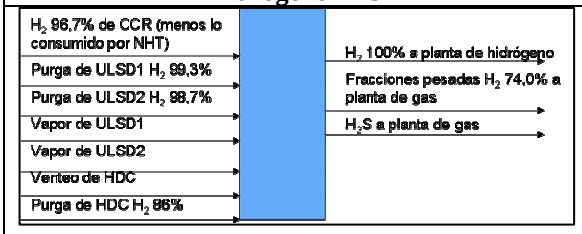
D. - Unidades de apoyo para los procesos de la Refinería Ampliada

Plantas de amina: todas las unidades de proceso generadoras de gas de refinación, rico en sulfuro de Hidrógeno, podrán enviarlo a las nuevas plantas de amina para retirar el H_2S. Luego, este gas se envía a las unidades de Azufre, donde es limpiado y transformado en gas dulce, el cual se mezcla con gas natural para obtener un gas combustible de consumo interno en la Refinería.

Planta de purificación de Hidrógeno – PSA: esta nueva unidad permitirá aprovechar la generación de Hidrógeno, proveniente de la nueva unidad de reformado catalítico continuo –CCR, y reciclar el Hidrógeno excedente de la nueva unidad de hidrocraqueo (extraído por venteo). La tecnología empleada en esta planta será la de adsorción con presión oscilante - PSA, que es la más utilizada por las refinerías más modernas, por cuanto permite alcanzar el nivel deseado de descontaminación. Se fundamenta en el uso de un medio adsorbente - tamiz molecular, para remover las moléculas de metano y Nitrógeno. Como el Nitrógeno es más difícil de eliminar, se requiere un adsorbente adicional.

El Hidrógeno purificado estará al 99,96% y contendrá unos 37 ppm de metano. Por lo general, el Hidrógeno purificado contiene menos de 10 ppm de CO. Varios lechos de purificación serán utilizados, para permitir la regeneración del adsorbente, por reducción de presión y purga. Los mayores flujos de alimentación provendrán de la unidad de reformado catalítico y el venteo del hidrocraqueo.

Figura 2-37 Diagrama de corrientes de la nueva unidad de purificación de Hidrógeno - PSA



Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

Planta de generación de Hidrógeno. De forma complementaria, esta nueva unidad permitirá abastecer los nuevos requerimientos de Hidrógeno en los procesos de la Refinería, hidrocraqueo, que es la de mayor consumo, e hidrotratamiento (USDL1/2, Butamer, CDTech®). La tecnología empleada será la del *steam reforming*, que utiliza el gas natural (metano) como materia prima. El balance de generación y abastecimiento se presenta a continuación:

Tabla 2-15 Balance de generación y consumo de Hidrógeno en las diferentes unidades de proceso

Generadores (Te/día)		Consumidores (Te/día)	
Unidad de purificación – PSA	71,8	Hidrocraqueo - HDC	159,1
		Hidrotratamiento de la nafta FCC - CDTech ®	82,8
	167,1	Hidrodesulfuración del destilado medio - USDL1/2	67,0
Unidad de generación		Isomerización C4 - Butamer	18,0
TOTAL	245,2	TOTAL	246,9

Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

Típicamente la reacción endotérmica se lleva a cabo a 760 - 840°C y a una presión de 20 - 30 BAR(g), en un lecho fijo de catalizador, con exceso de vapor para prevenir la formación de Carbono. El gas reformado, mezcla de Hidrógeno, dióxido de Carbono, monóxido de Carbono, metano y vapor, es enfriado a 350° C aproximadamente, permitiendo de esta forma la generación de vapor. La reacción que se lleva a cabo en esta primera etapa es la siguiente:

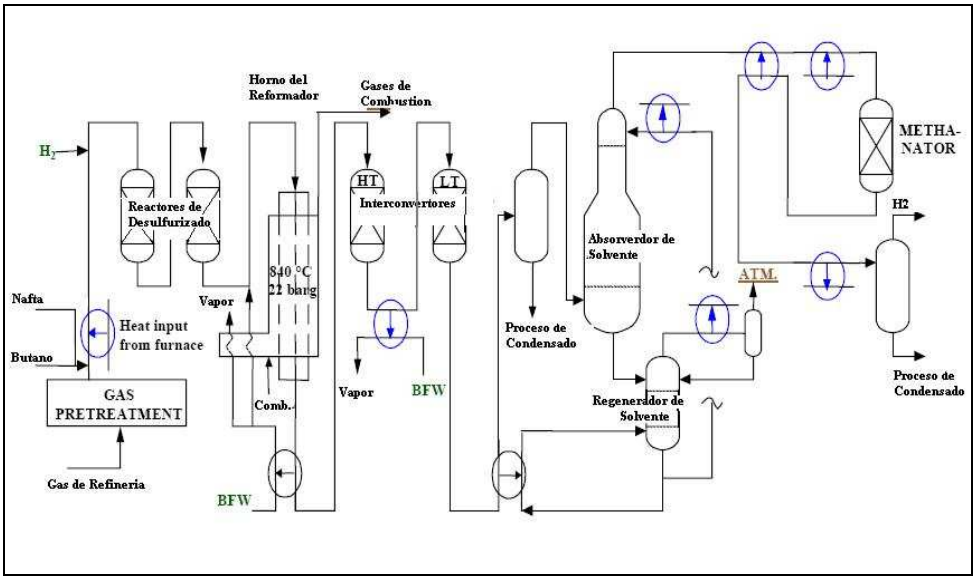
$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3\ H_2$

En la sección siguiente, de reactores, ocurre una reacción exotérmica de desplazamiento, $CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2$

Ello es así por el contacto del monóxido de Carbono con el vapor, lo cual deja un residual de menos del 0,4% de CO, en la corriente de salida.

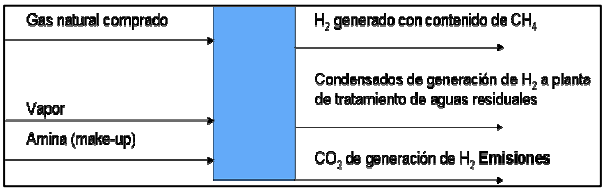
Luego el gas es enfriado y pasa a un absorbedor de CO_2, a base de monoetanolamina, con lo cual se reduce el contenido de CO_2 a menos del 0,1%, en volumen. El solvente es regenerado por stripping, mientras el CO y el CO_2 contenidos en el gas de cima, del absorbedor, es metanizado logrando una concentración residual de CO y CO_2 de 5-10 ppm. El metano es mezclado a la corriente final de Hidrógeno.

Figura 2-38 Diagrama de flujo de una típica unidad de producción de Hidrógeno mediante steam reforming



Fuente: Integrated pollution prevention and control (IPPC). Reference Documents on Best AvailableTechniques (BREF) for Mineral Oil and Gas Refineries

Figura 2-39 Diagrama de corrientes de la nueva unidad de generación de Hidrógeno (PSA)



Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

Oxidación catalítica del Azufre - Planta de Azufre. En los procesos de refinación ha existido la necesidad de recuperar el contenido de Azufre de los hidrocarburos, en forma de H_2S, debido al carácter inflamable y tóxico de estas emisiones, y también por el valor comercial del Azufre sólido. En la nueva configuración de la refinería se aumentará la producción de Azufre, dada la ampliación de la capacidad de refinación y la mejor calidad de los combustibles producidos (con un menor contenido de Azufre). Con el proyecto se construirán tres plantas adicionales, cada una de 90 ton/día de producción de Azufre. En estas plantas también se hará la recuperación de Azufre, a partir de los gases ácidos provenientes de las plantas de amina. Estas plantas serán de tipo Clauss, el mismo de la actual planta, pero el proceso modificado permitirá una eficiencia superior al 95% en cuanto a la recuperación de Azufre. El H_2S que no alcanza a reaccionar en las unidades de Clauss, pasará a una planta de incineración de gases de cola, donde, mediante un solvente - MDEA es quemado. A continuación se presentan los valores de producción de H_2S.

Tabla 2-16 Balance en la generación de sulfuro de Hidrógeno

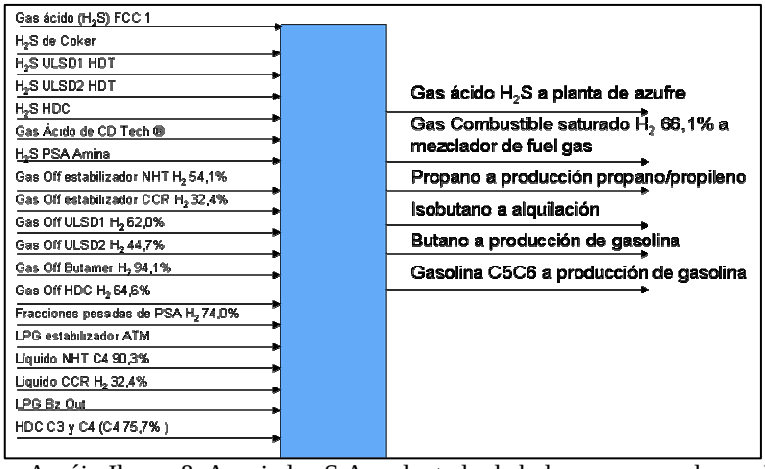
Unidades generadoras de H_2S		Te/día
Craqueo catalítico (FCC)		21,4
Coquización retardada		23,8
Hidrodesulfuración del destilado medio	USLD1	20,4
	USLD2	16,7
Hidrocraqueo		40,0
Hidrodesulfuración de la nafta FCC (CDTech®)		2,5
Purificación del Hidrógeno (PSA)		4,4
TOTAL		129,2

Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

De esta forma, para la nueva configuración y gracias a las unidades de aminas y plantas de Azufre, se podrá recuperar hasta un 73% del Azufre ingresa en el petróleo crudo.

Planta de saturación de gas. Esta nueva unidad tendrá una capacidad de 43 t/d, y permitirá valorizar distintas corrientes gaseosas de desecho, hacia productos comerciales o de uso interno en la Refinería. Esta planta recibirá todas las corrientes gaseosas y de líquidos livianos (C_3/C_6), producidas en las otras unidades de procesos, con el propósito de retirar el H_2S y separar productos: gas combustible, propano, isobutano, butano y naftas. La planta contará con una sección de amina, donde se retirará el H_2S y una sección de tratamiento de GLP, para efectos de eliminar los mercaptanos y reducir su humedad. Las corrientes líquidas resultantes, se presentan en el siguiente diagrama:

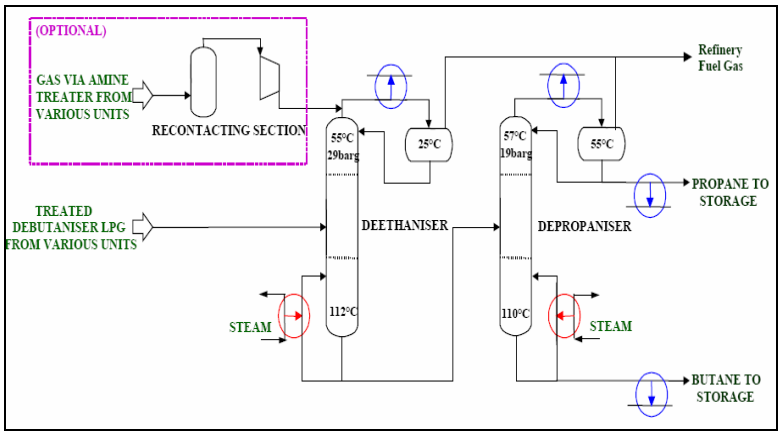
Figura 2-40 Diagrama de proceso, corriente líquida, de la nueva unidad de saturación de gas



Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

A la planta ingresarán también corrientes gaseosas, con alto contenido de Hidrógeno, que no alcanza para ser regenerado en la unidad de purificación PSA.

Figura 2-41 Diagrama de una planta de saturación de gas

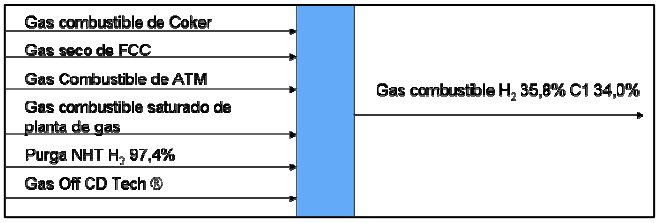


Fuente: Integrated pollution prevention and control (IPPC). Reference Documents on Best AvailableTechniques (BREF) for Mineral Oil and Gas Refineries

La planta cuenta con varias columnas de tipo absorción/stripping en serie, un deetanizador y un depropanizador. La mezcla de gases ingresa a la primera columna, previo su enfriamiento. La fracción más pesada de esta primera columna pasa a la segunda columna, lo cual permite separar el propano y el butano. El fraccionamiento sigue con la separación de butano, isobutano y gasolina. Los gases de cima, de ambas columnas, son utilizados en reflujo y la parte se extrae para producir el gas combustible de consumo interno.

Mezclador de gas combustible, para uso interno. Con el proyecto se ampliará la capacidad de la unidad actual, a 43 t/d. Como se mencionó, este gas combustible será mezclado con gas natural, para abastecer los requerimientos de consumo interno en la Refinería.

Figura 2-42 Diagrama de corrientes del mezclador de gas combustible para consumo interno



Fuente: Araújo Ibarra & Asociados S.A., adaptado de balance preparado por KBC.

E.- Facilidades para la salida de los productos de la Refinería

La Refinería cuenta con facilidades para el recibo y envío de productos a la Refinería de Barrancabermeja, para los productos que son exportados (excedentes de productos refinados), y envía productos a Barraquilla, desde donde sale la distribución mayorista de

combustibles. Internamente la Refinería cuenta con las tuberías que transportan los distintos productos hacia el área de almacenamiento, en donde se encuentran los correspondientes tanques de llenado. Con el proyecto, se adecuarán facilidades para el manejo del Azufre y el nuevo producto de coque (exportación).

Facilidades para el manejo de Azufre. El Azufre sale de la planta en estado líquido, por lo cual es necesario contar con un tramo de tubería que lo transporte desde el área de recuperación de Azufre hasta el área de solidificación, en el patio de manejo de sólidos, que está ubicado en el costado occidental de la Refinería. La tubería tiene entre 10 y 20 pulgadas de diámetro y la extensión será de 1,5 a 2,0 km. Contará con un sistema de vapor de agua, para permitir que el Azufre se mantenga a una temperatura entre 130 y 145° C. En el sistema de solidificación, el Azufre se estructura en pequeñas pastillas, denominadas "pellets" (escasos milímetros). Este sistema consta de las siguientes partes:

- Un esquema de rotoformadores, que permiten la solidificación del Azufre,
- bandas que colectan las pastillas y las llevan al patio de apilamiento,
- un pit o foza, que permite colectar las aguas del proceso, incluyendo el vapor de agua condensado,
- el tanque de almacenamiento de Azufre líquido,
- el patio de almacenamiento del Azufre sólido.

Facilidades para el manejo del Coque. Se contará con área especial para la unidad de coque retardado, donde se recibe el producto después de haber sido cortado con agua. El coque cortado se deja reposar para efectos de eliminar la humedad. Mediante un sistema de carga, grúa y cargadores frontales, se transfiere el coque a la banda transportadora para su traslado al patio de apilamiento, el cual tendrá una longitud aproximada de 1,5 km. El área consta de las siguientes estructuras:

- Un pad o pit principal para la operación rutinaria del coque, con una pared perimetral que permite su confinamiento,
- un maze o sedimentador, donde se colecta el agua que escurre del coque en reposo,
- un sistema de transferencia del coque al sistema de banda transportadora,
- las bandas transportadoras son de caucho de alta resistencia, de tipo tubular, las cuales son impulsadas por motores eléctricos y dispuestas sobre rodillos giratorios, que permiten su desplazamiento y cierre en forma de tubo. Entre cada tramo de banda estará ubicada un torre de transferencia, para un total de 3. Los tramos de la banda pueden estar dispuestos completamente o parcialmente sobre el suelo, bajo el suelo y/o a cierta altura del mismo,
- una red de canales perimetrales, que drenan hacia el área del maze o sedimentación,
- un tanque de almacenamiento del agua de cortado, la cual se reutiliza,
- el patio de apilamiento se ubicará en el costado oeste de la Refinería,

Este sistema permitirá transportar el coque a una rata de 300 toneladas métricas/hora, dado el volumen de producción, se requerirá un turno de operación, de 12 horas al día, para su manejo.

Facilidades conjuntas para el manejo del coque y el Azufre. Para el manejo de estos productos sólidos, se contará con una banda transportadora continua, que moverá los productos desde su sitio de producción hasta el de almacenamiento, en el caso del coque para su exportación. Luego, otra banda transportadora (conveyor) con aproximadamente 0,8 km de longitud, se ubicará entre el patio de apilamiento del coque y el Azufre y el muelle de carga. Una torre de transferencia permitirá el empalme de la banda con la estructura del muelle marino. Las ratas de carga estarán del orden de 650 Tm/h para Azufre y de 2,500 Tm/h para el coque.

F. - Facilidades de Almacenamiento

La Refinería estará dotada de un número suficiente de tanques de almacenamiento, para las materias primas, los productos intermedios y los productos terminados. Las facilidades comprenden depósitos atmosféricos y a presión, depósitos para agua (contra incendios, agua de proceso y de tratamiento), estructuras de depósito especiales para el manejo de residuos peligrosos como ácidos, aire e Hidrógeno, aditivos y otros productos químicos, en las que se tendrá en cuenta la naturaleza del elemento, la presión de vapor que requiere, el punto de inflamación y el punto de goteo. En total, la capacidad de almacenamiento de la Refinería estará sobre los 2,0 MMbl. En todos los casos, se cumplirá con lo establecido en las disposiciones legales en materia de almacenamiento y reservas mínimas.

Almacenamiento de Azufre solidificado. El área para este almacenamiento estará ubicada adyacente al patio de apilamiento de coque. Este es un patio abierto con capacidad para 22.500 toneladas métricas. Las estructuras de ésta área serpan las siguientes:

- Patio principal con losa de concreto,
- un canal perimetral, alrededor del patio principal,
- un dique perimetral que confina todo el patio,
- un sistema de apilamiento,
- un sistema de despacho, con el uso de cargadores frontales,
- un sistema de rocío para la humectación del material,
- un sistema contra incendio, integrado por una red de hidrantes, localizados a lo largo del perímetro del patio.

Almacenamiento del coque. Esta área estará ubicada hacia el oeste de la Refinería en un lote cercano a la vía y la capacidad de apilamiento y almacenaje temporal se estima en 176.000 toneladas métricas. El área contará con las siguientes estructuras:

- Dos bodegas, uno para el almacenaje del coque tipo fuel grade y otro para el coque tipo ánodo, cada uno con una capacidad de hasta 88.000 toneladas métricas. Estas bodegas permitirán un confinamiento total de las pilas de coque,
- un sistema de canales perimetrales alrededor de cada pila de coque en las bodegas, lo cual permitirá recoger las aguas de humectación,
- un sistema de apilamiento para la entrega del material de coque, uno en cada bodega,
- un sistema de rocío para la humectación del material, uno en cada bodega,
- un sistema contra incendio,
- vías de acceso al área,
- instalación que funcionará como depósito o almacén, sala de control y oficinas.

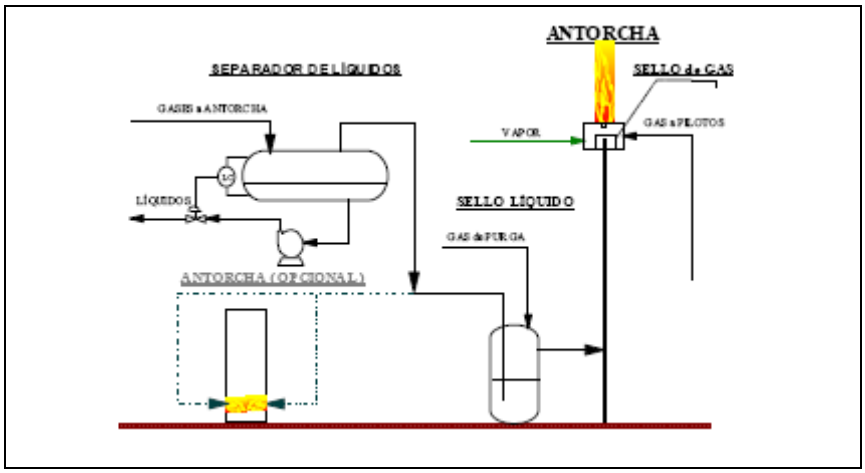
La configuración y el diseño de ésta área de almacenamiento siguió consideraciones metereológicas como la lluvia e intensidad y dirección de los vientos dominantes, pero estos materiales no ofrecen una mayor dificultad para su almacenamiento, su manejo es similar al de cualquier sólido que requiere control de emisión de polvo.

Sistema de antorcha.[12] La red de antorchas desempeña un papel fundamental de salvaguarda en los procesos de seguridad y protección medioambiental, indispensable en toda planta que procese hidrocarburos. Sus objetivos son:

- Asegurar, con total garantía, la descarga de cualquier fluido desde la planta frente a una situación de emergencia. Por ello, cientos de válvulas de seguridad se conectan a las líneas de antorcha, desde todas las plantas que integran la Refinería.
- Asegurar la evacuación de recipientes, para su limpieza o reparación, durante las operaciones normales de mantenimiento de las unidades. El contenido de las unidades se envían al sistema de antorchas, donde son quemados, en condiciones seguras.

[12] Evaluación de Impacto Ambiental del Proyecto Refinería de Balboa.

Figura 2-43 Esquema de un Sistema de Antorcha en Refinería



Fuente: Refinería de Balboa.

Como hace parte del esquema de seguridad industrial de la Refinería, el sistema de antorchas debe estar disponible las 24 horas del día, durante 365 días al año, debe estar preparado para activarse en una situación de emergencia y evitar que el incidente adquiera mayores connotaciones hacia un accidente.

Se han dado avances importantes, en el sistema de compresores, para reducir el impacto de los gases que se queman en el sistema. Ahora se instalan sistemas fiables de recuperación, que recirculan el gas hacia las operaciones regulares de la refinería.

F. - Servicios Industriales

En cuanto a servicios industriales, de apoyo a los procesos de las plantas, se encuentran los requerimientos de energía eléctrica, vapor y gas natural.

Energía eléctrica. La Refinería será autónoma en la generación de energía. Actualmente, cuenta con cinco turbinas a vapor, con una capacidad máxima de 22,5 MW. En un principio, la licencia ambiental vigente (Resolución 1157 del 20 noviembre 2000) autorizaba el traslado e instalación de una planta termoeléctrica existente en Gualanday – Tolima. En la nueva configuración se van a instalar cuatro turbinas, lo que garantizará una capacidad de generación del orden de 85 MW, con un consumo de gas natural equivalente a los 20,8 MMSCFD (millones de pies cúbicos estándar por día). La inversión es el sistema asciende a cerca de los USD 240MM. Los requerimientos actuales y los futuros de energía para la operación de la Refinería se presentan a continuación:

Tabla 2-17 Requerimiento de energía para la operación actual y futura de la Refinería

Combustible	Configuración actual, con 80 KBPD en capacidad		Configuración futura, con 165 KBPD	
	MMBTU/h	MMSCFD	MMBTU/h	MMSCFD
Fuel Gas - gas combustible	869	23,22	1950	52,1
Coque - FCC	343	9,16	427	11,4
Compra de Energía eléctrica	8	-	0	-
Gas natural como combustible	524	14	779	20,8
Consumo total	1744	-	3156	19,1

Fuente: Autores adaptado del Final Report - Refinería de Cartagena Modernization Project Energy Analysis, KBC marzo, 2008

Estos indicadores permiten concluir que en la nueva configuración, la capacidad de refinación aumenta 2,1 veces y los requerimientos de energía aumentan 1,8 veces; es decir, mientras en la configuración actual se requieren de 21,8 MMBTU/h para refinar 1 KBPD de petróleo, en la configuración futura el requerimiento de energía baja a 19,1 MMBTU/h, por lo cual, se aumenta la eficiencia energética, pues el consumo total de energía por barril de petróleo refinado disminuye un 12,4%.

También se observa que el requerimiento de gas natural como combustible, actualmente está en 5,55 MMBTU/h por barril de petróleo refinado, y en la nueva configuración, este bajará a 4,72 MMBTU/h, por lo cual la reducción es del 28%.

A continuación se presentan los requerimientos de combustible y energía para cada unidad en la nueva configuración de la Refinería:

Tabla 2-18 Requerimientos de combustible y energía eléctrica en la nueva configuración

Unidad	Capacidad			Combustible				Energía eléctrica (MW)	
				MMBTU /h	MW	%	MW/ KBPD		
Destilación atmosférica (ATM1)	KBPD	26,074	m³/d	342.0	100	12.5%	0.6	6.10	8.1%
Destilación al vacío (VDU1)	KBPD	15,104	m³/d	119.0	35	4.4%	0.4	1.20	1.6%
Destilación atmosférica (ATM2)	KBPD	0	m³/d	0.0	0	0.0%	0.0	0.00	0.0%
Destilación al vacío (VDU2)	KBPD	0	m³/d	0.0	0	0.0%	0.0	0.00	0.0%
Coquización Retardada (Coker)	KBPD	6,677	m³/d	304.0	89	11.1%	2.1	6.20	8.2%
Hidrocraqueo (HDC)	KBPD	5,565	m³/d	189.0	55	6.9%	1.6	18.90	25.1%
Craqueo catalítico (FCC)	KBPD	5,247	m³/d	132.0	39	4.8%	1.2	7.60	10.1%
Destilación catalítica de la nafta (FCC CD Tech)	KBPD	2,544	m³/d	41.0	12	1.5%	0.8	1.30	1.7%
Hidrodesulfuración de la nafta (NHT)	KBPD	2,544	m³/d	40.0	12	1.5%	0.7	0.50	0.7%
Reformado continuo catalítico (CCR)	KBPD	3,021	m³/d	223.0	65	8.2%	3.4	5.60	7.4%
Alquilación del reformado (BenzOut)	KBPD	795	m³/d	25.0	7	0.9%	1.5	0.40	0.5%
Hidrodesulfuración kero/diesel (ULSD HT 1)	KBPD	5,724	m³/d	8.0	2	0.3%	0.1	4.80	6.4%
Hidrodesulfuración kero/diesel (ULSD HT 2)	KBPD	5,565	m³/d	7.0	2	0.3%	0.1	4.70	6.2%
Isomerización C4 (Butamer)	KBPD	159	m³/d	7.0	2	0.3%	2.1	0.10	0.1%
Alquilación con HF (HF Alky)	KBPD	795	m³/d	26.0	8	1.0%	1.5	0.60	0.8%
Planta de Azufre		262	t/d	15.0	4	0.5%		1.00	1.3%
Planta de saturación de gas		50	t/d	7.0	2	0.3%		1.30	1.7%
Planta de Hidrógeno	MMSCFD	14,572	$.10^6$ m³/d	511.0	150	18.7%		5.40	7.2%
Off-sites	KBPD	26,074	m³/d	734.0	215	26.9%	1.3	9.70	12.9%
Total				**2,730.0**	**800**	**100%**		**75.40**	**100%**

(*) A 25°C y 101,325 kPa.

Fuente: Autores adaptado del Final Report - Refinería de Cartagena Modernization Project Energy Analysis, KBC marzo, 2008

De forma prioritaria se utilizará el gas combustible generado por las diferentes unidades, con la siguiente composición:

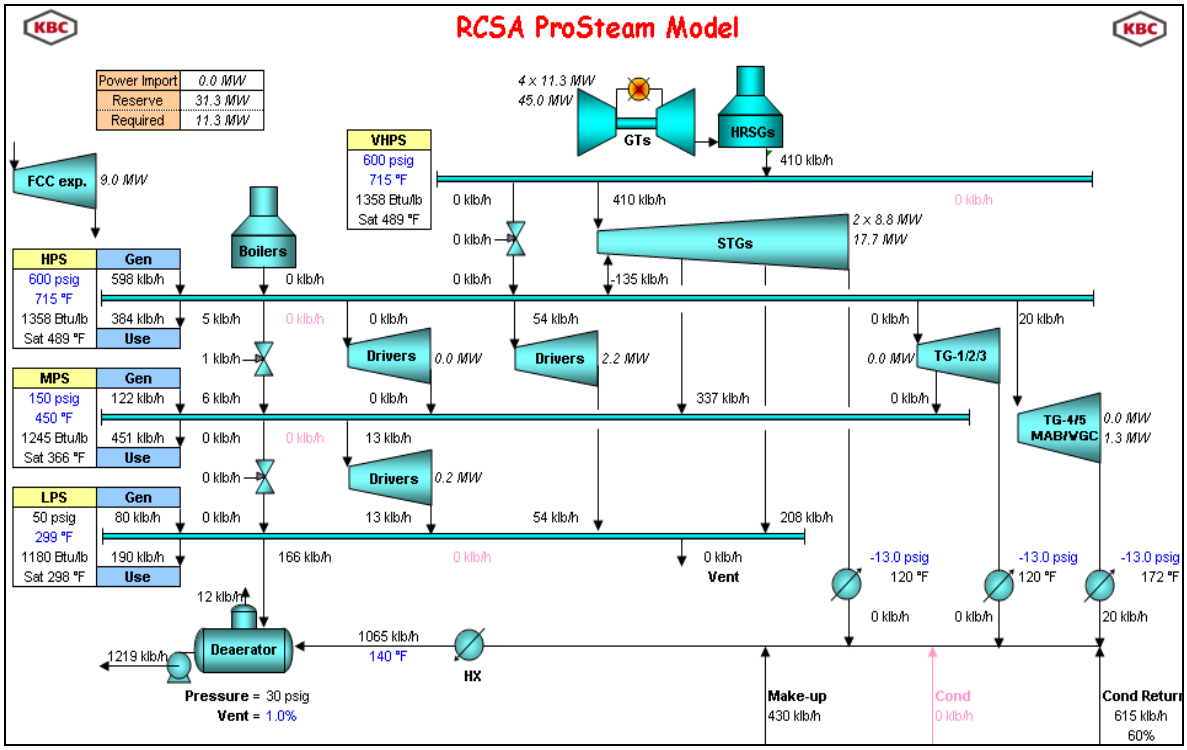
Tabla 2-19 Composición prevista del gas combustible para uso interno (salida del mezclador)

Compuestos	Fracción volumétrica
H_2	35,8%
C_1	34,0%
C_2	5,5%
C_3	3,0%
C3=	0.5%
iC_4	3,0%
iC_4=	29 ppm
1C4	330 ppm
nC_4	2,9%

Fuente: REFICAR, balance realizado por KBC.

- *Producción de vapor*. El ciclo de generación de vapor para los procesos de la Refinería se presenta en la siguiente figura:

Figura 2-44 Esquema de generación de vapor en la nueva configuración de la Refinería



Fuente: Final Report - Refinería de Cartagena Modernization Project Energy Analysis, KBC marzo, 2008

Fuentes de abastecimiento de agua. Actualmente la Refinería consume aproximadamente 2.500 gpm (galones por minuto) de agua cruda. Con la ampliación, el requerimiento

aumenta a cerca de 6.000 gpm. Ello, debido al incremento en la capacidad de producción y a la entrada en operación de la unidad de coquizamiento retardado (delayed coker).

El suministro de este volumen de agua está a cargo de Aguas de Cartagena, con quien REFICAR ha realizado un contrato. En cuanto a los requerimientos de agua industrial, esto es, agua desmineralizada y suavizada para equipos de enfriamiento, el suministro estará a cargo de las plantas internas de la Refinería, donde, por medio de torres de enfriamiento, que serán modernizadas, se asegura la recirculación. A continuación se presentan los requerimientos de agua de enfriamiento de cada unidad de proceso

Tabla 2-20 Requerimientos de agua de enfriamiento en la nueva configuración de la Refinería

Unidad	Capacidad				Circulación de agua de enfriamiento			
					GPM	l/s	%	l/s/ KBPD
Destilación atmosférica (ATM1)	164	KBPD	26,074	m³/d	17,082	1,078	16.0%	6.6
Destilación al vacío (VDU1)	95	KBPD	15,104	m³/d	9,906	625	9.3%	6.6
Destilación atmosférica (ATM2)	0	KBPD	0	m³/d	10	1	0.0%	0.0
Destilación al vacío (VDU2)	0	KBPD	0	m³/d	10	1	0.0%	0.0
Coquización retardada (Coker)	42	KBPD	6,677	m³/d	2,044	129	1.9%	3.1
Hidrocraqueo (HDC)	35	KBPD	5,565	m³/d	8,217	518	7.7%	14.8
Craqueo catalítico (FCC)	33	KBPD	5,247	m³/d	11,343	716	10.6%	21.7
Destilación catalítica de la nafta (FCC CD Tech)	16	KBPD	2,544	m³/d	3,403	215	3.2%	13.4
Hidrodesulfuración de la nafta (NHT)	16	KBPD	2,544	m³/d	3,386	214	3.2%	13.4
Reformado continuo catalítico (CCR)	19	KBPD	3,021	m³/d	4,009	253	3.7%	13.3
Alquilación del reformado (BenzOut)	5	KBPD	795	m³/d	2,706	171	2.5%	34.1
Hidrodesulfuración kero/diesel (ULSD HT 1)	36	KBPD	5,724	m³/d	840	53	0.8%	1.5
Hidrodesulfuración kero/diesel (ULSD HT 2)	35	KBPD	5,565	m³/d	825	52	0.8%	1.5
Isomerización C4 (Butamer)	1	KBPD	159	m³/d	141	9	0.1%	8.9
Alquilación con HF (HF Alky)	5	KBPD	795	m³/d	12,508	789	11.7%	157.8
Planta de Azufre	262		t/d		5,466	345	5.1%	
Planta de saturación de gas	50		t/d		5,790	365	5.4%	7.3
Planta de Hidrógeno	81	MMSCFD	14,572	$.10^6$ m³/d	19,269	1,216	18.0%	
Off-sites	164	KBPD	26,074	m³/d	0	0	0.0%	0.0
Total					**106,955**	**6,748**	**100%**	

Fuente: Autores adaptado del Final Report - Refinería de Cartagena Modernization Project Energy Analysis, KBC marzo, 2008.

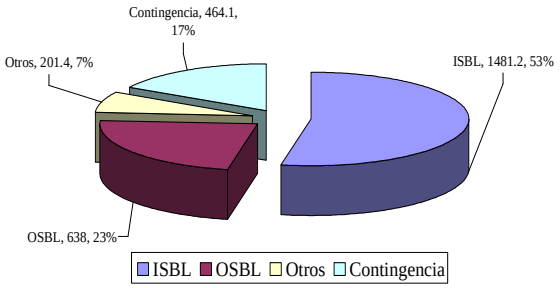
2.2.3 Valor de la inversión del proyecto

Las inversiones del proyecto ascienden a US$ 2.780 millones con la siguiente distribución según el costo por unidades o plantas de proceso:

Tabla 2-21 Valor de la inversión para la ampliación y modernización de la Refinería

ISBL	MMUS $
Unidad de coque retardado	210.4
Hidrocraqueo	212.0
Reformador catalítico continuo	185.4
Unidad de Destilación Atmosférica	164
Hidrotratamiento USLD	135.2
Unidad de Destilación al vacío	125.1
Unidad de Producción de Hidrógeno	104.8
Unida de Alquilación	104.4
Unidad de Recuperación de Azufre	82.4
Unidad Hidrotratamiento de Nafta	33.6
Otros	123.9
Subtotal plantas	**1481.2**
OSBL	
Tanqueo	178.4
Infraestructura Vial	5.4
Offsite	454.2
Subtotal	**638.0**
Otros (costos de operación)	201.4
Contingencia (20%)	464.1
Gran Total	**2,784.7**

Figura 2-45 Distribución de la inversión según componentes



Fuente: Reficar.

Y como se ha mencionado con anterioridad, los costos de los nuevos equipos para la modificación de la Licencia Ambiental, ascienden a los US$ 866,8 millones, como se detalla en la tabla siguiente:

Tabla 2-22 Comparación de la configuración actual y la de l año 2012, teniendo en cuenta los procesos y equipos licenciados.

Procesos	Configuración actual	Configuración 2012	Configuración 2012 respecto al alcance de la Licencia Ambiental (Resolución 1157 de 2000)		Valor estimado nuevas instalaciones para la modificación de la Licencia Ambiental (Millones)
			En Licencia vigente	Solicitud de modificación	
Destilación primaria	1 unidad	Se implementará una unidad adicional, para operar alternadamente.	1 sola unidad	1 unidad adicional	US $ 164.0
Destilación al vacío	1 unidad	Se implementará una unidad adicional, para operar alternadamente.	1 sola unidad	1 unidad adicional	US $ 125.1
Tratamiento del destilado medio (diesel)	1 unidad de tratamiento con soda cáustica.	Se remplaza el tratamiento actual por 2 unidades de hidrodesulfurización (USLD1/2). Por confiabilidad de proceso, se instalarán 2 pequeñas en lugar de 1a grande licenciada.	Incluida	-	
Hidrotratamiento de la nafta	No existe.	1 nueva unidad de hidrotratamiento (NHT).	Incluida	-	
Isomerización C5/C6	1 unidad.	Será convertida en unidad de alquilación del reformado tipo BenzOut.	Incluida	-	
Reformado catalítico continuo de la nafta	No existe	1 nueva unidad.	Incluida	-	

Procesos	Configuración actual	Configuración 2012	Configuración 2012 respecto al alcance de la Licencia Ambiental (Resolución 1157 de 2000)		Valor estimado nuevas instalaciones para la modificación de la Licencia Ambiental (Millones)
			En Licencia vigente	Solicitud de modificación	
Oxidación catalítica de mercaptanos (diesel)	1 unidad.	Será modificada (proceso Kero Merichem) y se ampliará su capacidad. Se cambia el licenciador del proceso a Kero Merichem por ser mas eficiente	Incluida	.-	
Hidrocraqueo.	No existe.	1 nueva unidad.	Incluida	-	
Craqueo catalítico en lecho fluidizado	Unidad de ruptura catalítica (FCC)	Se modernizará y ampliará la capacidad actual mediante optimización interna del proceso (por revamping).	Incluida	-	
Preparación de aditivos para Gasolina	1 unidad de polimerización	La unidad existente será remplazada por una planta de alquilación con HF y no se monta la planta MTBE, gracias a la alquilación introducida.	Incluida junto con planta de MTBE	-	
Hidrodesulfurización de la nafta de la FCC	No existe.	1 nueva unidad, que utilizará la tecnología CDTech® (destilación catalítica).	-	1 nueva unidad	US $ 50.0
Unidad de viscorreducción	1 unidad	Se quedará en stand-by.	Incluida	-	
Coquización retardada.	No existe.	1 unidad, que remplazará la unidad de viscoreducción.	-	1 nueva unidad	US $ 210.4

Procesos	Configuración actual	Configuración 2012	Configuración 2012 respecto al alcance de la Licencia Ambiental (Resolución 1157 de 2000)		Valor estimado nuevas instalaciones para la modificación de la Licencia Ambiental (Millones)
			En Licencia vigente	Solicitud de modificación	
Isomerización C4 (para alquilación).	No existe.	Se incluye una nueva unidad (Butamer).	-	1 nueva unidad	US $ 18.5
Preparación de gasolina.	Existe.	Se ampliará la capacidad actual.	Incluida	-	
Preparación de diesel/queroseno.	Existe.	Se ampliará la capacidad actual.	Incluida	-	
Preparación de propano/propileno, incluyendo la concentradora de propileno.	Existe.	Se ampliará la capacidad actual.	Incluida	-	
Oxidación catalítica del azufre	1 planta de azufre.	Se remplazará la existente por 3 nuevas unidades de azufre.	Incluidas 2	1 nueva unidad	US $ 27.5
Planta de generación y purificación de hidrógeno	No existe.	1 nueva unidad de *steam reforming* a partir de gas natural y unidad de purificación con tecnología PSA.	Incluida	-	
Planta de saturación de gas	No existe.	1 unidad.	-	1 nueva unidad	US $ 24.3
Sistema de seguridad	1 tea	Se cambiará tea actual e instalará una adicional.	Incluida	-	
Sistema de tratamiento de aguas residuales	Existe.	Se remplazará por una nueva unidad, modificando y optimizando configuración actual.	Incluida	-	
Servicios industriales	Existen.	Acorde con especificaciones de la planta	Incluida	-	
Almacenamiento de derivados líquidos y gaseosos	Existe.	Acorde con especificaciones de la planta, se incrementará en aproximadamente 2 millones de barriles.	Incluida	Ampliada en 2 millones de barriles.	US $ 178.4

Procesos	Configuración actual	Configuración 2012	Configuración 2012 respecto al alcance de la Licencia Ambiental (Resolución 1157 de 2000)		Valor estimado nuevas instalaciones para la modificación de la Licencia Ambiental (Millones)
			En Licencia vigente	Solicitud de modificación	
Almacenamiento de derivados sólidos.	No existe	Se incluirá patios de almacenamiento y manejo (banda transportadora encapsulada) de coke y Azufre líquido o sólido (por confirmar) .	No incluido	Capacidad de 176K ton para coke y 22.5K ton para Azufre.	US $ 68.7
Unidades de Generación	Existe con capacidad instalada de 22.5 MWatts.	Se instalarán 4 turbogeneradores de 21.6 MWatts.	Incluida con adición de 52 MWatts adicionales.	-	
VALOR TOTAL DE LA INVERSIÓN ESTIMADA (MARGEN DEL 10%) PARA LA MODIFICACIÓN					**US $ 866.8**



CAPITULO 3: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Agosto de 2008

3 CARACTERIZACION DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

3.1 Áreas de influencia directa e indirecta

El estudio de Impacto Ambiental - EIA y el Plan de Manejo Ambiental - PMA, presentados en el 2000 al Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT para solicitar la licencia ambiental del proyecto Refinería de Cartagena, presentó varias áreas de influencia, dependiendo de los impactos previstos para cada componente ambiental: agua, aire, suelo, y el ámbito de gestión del programa social de ECOPETROL.

Por esto último, en el componente social del EIA y de la Licencia Ambiental otorgada, no se delimitó el área de influencia directa del proyecto, diferenciándola del área de influencia indirecta. También, ahora para la modificación, se encuentra como factor diferencial que la licencia del 2000 incluía la construcción y operación del puerto de la Refinería, para lo cual cabe mencionar que dichas instalaciones no hacen parte del presente EIA, por haberse separado del proyecto de modernización de la Refinería y no haberse incorporado las operaciones del Terminal Néstor Pineda de ECOPETROL, como parte de los activos de REFICAR.

Sobre el particular, se llama la atención que hoy en día, ECOPETROL hace presencia en Cartagena no sólo por la existencia de la Refinería, sino por las otras instalaciones de su propiedad localizadas a lo largo del departamento de Bolívar, como es el terminal marítimo mencionado, así como la red de ductos que conecta la Refinería con Coveñas, Santa Martha y el centro del país, misma que atraviesa municipios aledaños a Cartagena como Turbaná y Turbaco, entre otros.

En consecuencia con lo anotado y considerando tanto la escisión de activos derivada del surgimiento de REFICAR, así como de la distribución de las obligaciones derivadas de la misma entre ECOPETROL y REFICAR, que se expresa igualmente en las responsabilidades asumidas por la segunda empresa con ocasión de la cesión parcial de la Licencia Ambiental, otorgada en el año 2000 por el MAVDT a ECOPETROL para desarrollar el Plan Maestro de la Refinería, con ocasión del desarrollo del presente EIA y formulación del respectivo PMA, que se orienta a modificar el alcance de la licencia otorgada en su momento, se identificó la necesidad de precisar el concepto de área de influencia del proyecto, mismo que como resultado del ejercicio técnico adelantado, se explica a continuación.

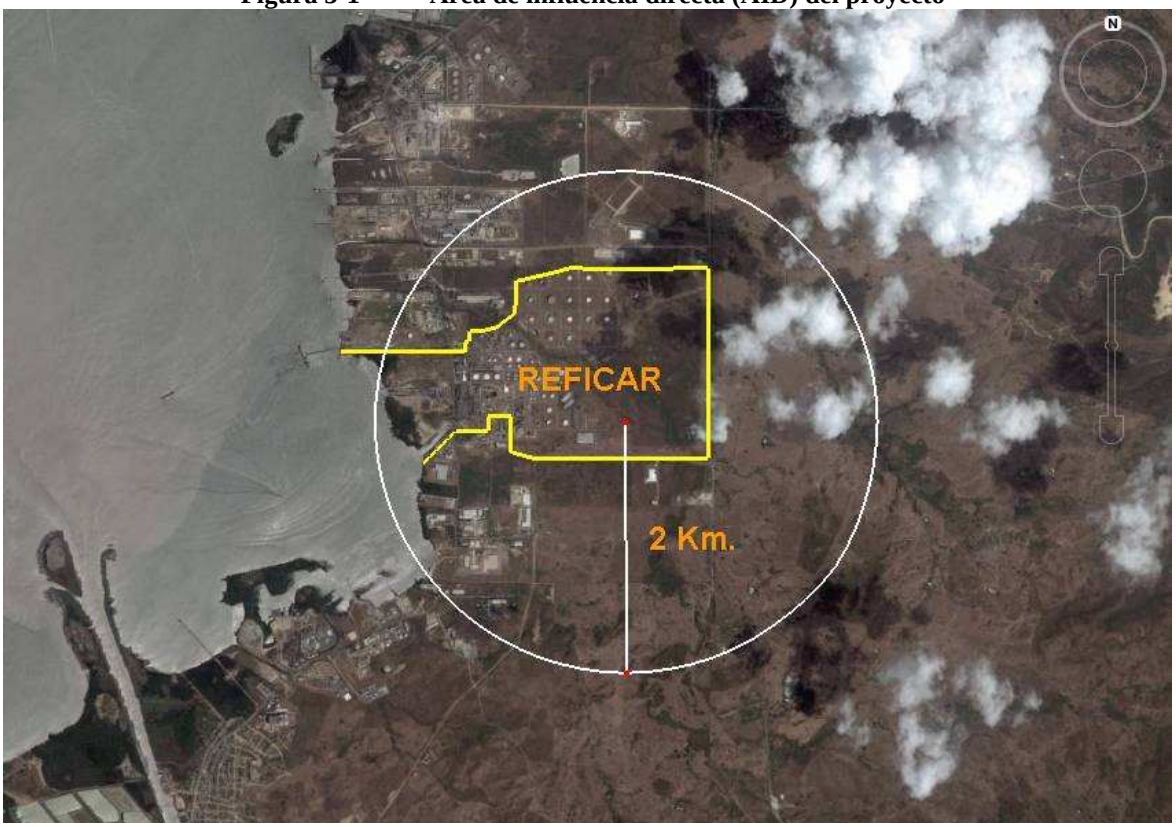
3.1.1 Área de influencia directa (AID)

Se ha considerado que el proyecto de construcción y operación de las nuevas plantas en la Refinería de Cartagena, que motivan la solicitud de modificación de la Licencia Ambiental vigente, comprende un área de influencia directa definida como la zona geográfica que

podría verse afectada por las actividades del proyecto en los componentes geosférico y bioecológico.

Bajo este concepto, se precisa como área de influencia directa la zona alrededor de la Refinería en un radio que resulta no mayor de 2 Km., tal como se puede apreciar en la siguiente figura. Ella, surge como resultado de los análisis de los potenciales impactos ambientales y sociales evaluados para el proyecto y en función de comprobar que ninguno de los componentes ambientales será afectado, en condiciones de operación normal de la Refinería, por fuera de esta área (AID), para lo cual se menciona que al interior de esta, se ubican algunas plantas industriales que hacen parte de la zona industrial de Mamonal.

Figura 3-1 Área de influencia directa (AID) del proyecto



Fuente: Araujo Ibarra & Asociados S.A., con base en el estudio de calidad del aire del proyecto.

En relación con el planteamiento que se extiende, es importante mencionar que en el POT de Cartagena, adoptado por el Decreto 977 del 20 de noviembre del 2001 y particularmente en el considerando No. 5, se destaca que de conformidad con los artículos 24, 25 y 26 de la ley 388 de 1997 y el artículo 29 del Decreto 879 de 1998, para la expedición del Plan de Ordenamiento Territorial de Cartagena, la Administración Distrital cumplió con el proceso de consulta y participación de los Gremios económicos, agremiaciones profesionales, entidades cívicas y comunitarias, Juntas Administradoras Locales y en general agrupaciones sociales organizadas, proceso dentro del cual se divulgó y publicitó el

proyecto y consulta democrática desde el inicio del proceso de formulación del Plan de Ordenamiento Territorial, cuya formulación fue iniciado en el año 1998.

Sobre el particular, se puede destacar conforme se registra en la documentación sobre las materias, que además de haberse adelantado sendas mesas de trabajo y concertación, de las cuales se recibieron observaciones, inquietudes y comentarios en cuanto a la versión final, se contó con la activa participación y solicitud de exigentes requerimientos por parte de CARDIQUE en su calidad de autoridad ambiental regional competente, todos los cuales fueron estudiados, valorados e incorporados por la Secretaría de Planeación y el equipo técnico que coordinaba este proceso. Posteriormente, se garantizó su publicación mediante remisión de los documentos y la cartografía del proyecto a la Cámara de Comercio de Cartagena, desde el 1 de marzo de 2001, para efectos de que permanecieran expuestos para consulta de todos los interesados, hasta su adopción final en la fecha previamente señalada.

Todo lo anterior la zona industrial de Mamonal registra hoy en materia de los usos del suelo adoptados y autorizados para las mismas, las condiciones necesarias para que opere la refinería y necesariamente para que se amplíe y modernice la misma conforme el plan previsto, que como es de todos conocidos, registra esta intencionalidad desde el años 2000, cuando recibió por el Ministerio del Medio Ambiente, hoy de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

3.1.2 Área de influencia indirecta (AII)

En lo atinente al área de influencia indirecta del proyecto, analizada desde el componente socioeconómico del mismo, se destaca que por su impacto no solo macroeconómico sino necesariamente ambiental se considera que la misma genera un impacto de mayor proporción sobre la ciudad de Cartagena de Indias - Distrito Turístico, Cultural e Industrial, tanto para el período de construcción como durante el período de operación de la Refinería, misma que se define en consecuencia como el área indirecta, sin que esto minimice el gran impacto que para el desarrollo del país, reviste la ampliación de la refinería.

Para la consideración señalada, se toma en cuenta la relación que surge entre el proyecto y las autoridades del Distrito, que genera consecuencias importantes como es el caso del pago de los impuestos de industria y comercio y predial (de magnitud significativa para las arcas del distrito), la interacción del proyecto con las empresas de servicios públicos, con el sistema vial de la ciudad, al igual que los efectos a generar en cuanto a la generación de empleo y la inyección de importantes recursos, que alimentan por la vía de la provisión de bienes y servicios tanto directos como indirectos, las diferentes áreas económicas locales.

Así las cosas y con base en la determinación del área de influencia tanto directa señalada, como indirecta establecida, se desarrolla a continuación el análisis del estado de línea base ambiental y social del entorno del proyecto, con especial atención a los escenarios sobre los cuales habrá una interacción directa o indirecta por parte del proyecto.

3.2 Medio abiótico.

3.2.1 Geología

En el contexto geológico de la región del Caribe colombiano, el área del Distrito de Cartagena de Indias hace parte de la formación conocida como el terreno o cinturón del Sinú, la cual se extiende desde la falla de Dabeiba, localizada al sur en la zona central del Golfo de Urabá, hasta interceptar el borde costero, entre las ciudades de Cartagena y Barranquilla. Este cinturón del Sinú queda separado al *este* del cinturón de San Jacinto por el lineamiento del Sinú, que tiene una orientación N-S.[13]

El Cinturón del Sinú está constituido por formaciones de turbiditas, hemipelagitas y depósitos marinos terrígenos, con edades que van desde el Oligoceno hasta el Plioceno, con la presencia de afloramientos, principalmente en el borde costero de rocas sedimentarias, conformadas principalmente por intercalaciones de arcillolitas, limonitas, lodolitas y, en menor proporción, conglomerados y esquistos, que incluyen la presencia puntual de calizas arrecífales en las cimas y en los afloramientos de tierras (tal como se observa en la Isla de Tierra Bomba). En el marco de los ambientes descritos, el periodo Cuaternario, en la región está representado por depósitos de origen fluvial y marino.[14]

En este cinturón es común que se presente el fenómeno de diapirismo o afloramiento de lodo, que conforme varios autores como Duque-Caro (op. cit,) y otros, está caracterizado por la formación de estructuras cónicas, conocidas como volcanes de lodo, y otras deformaciones. Dentro de estas estructuras, la más conocida es la del volcán del Totumo, ubicado al norte de Cartagena[15]. (Ver plano 3-1. Geología del área de influencia del proyecto).

3.2.1.1 Amenaza sísmica

Los registros históricos disponibles señalan que la ciudad de Cartagena sufrió daños importantes durante una serie de sismos ocurridos en mayo de 1834, con epicentros cercanos a Santa Marta. Sin embargo, la región se reporta como de una zona de amenaza sísmica baja[16], conforme se registra y da cuenta en el mapa de riesgos sísmicos elaborado por el Dr. Gabriel Estrada Uribe, para la Reaseguradora Colombia S.A., con base en los

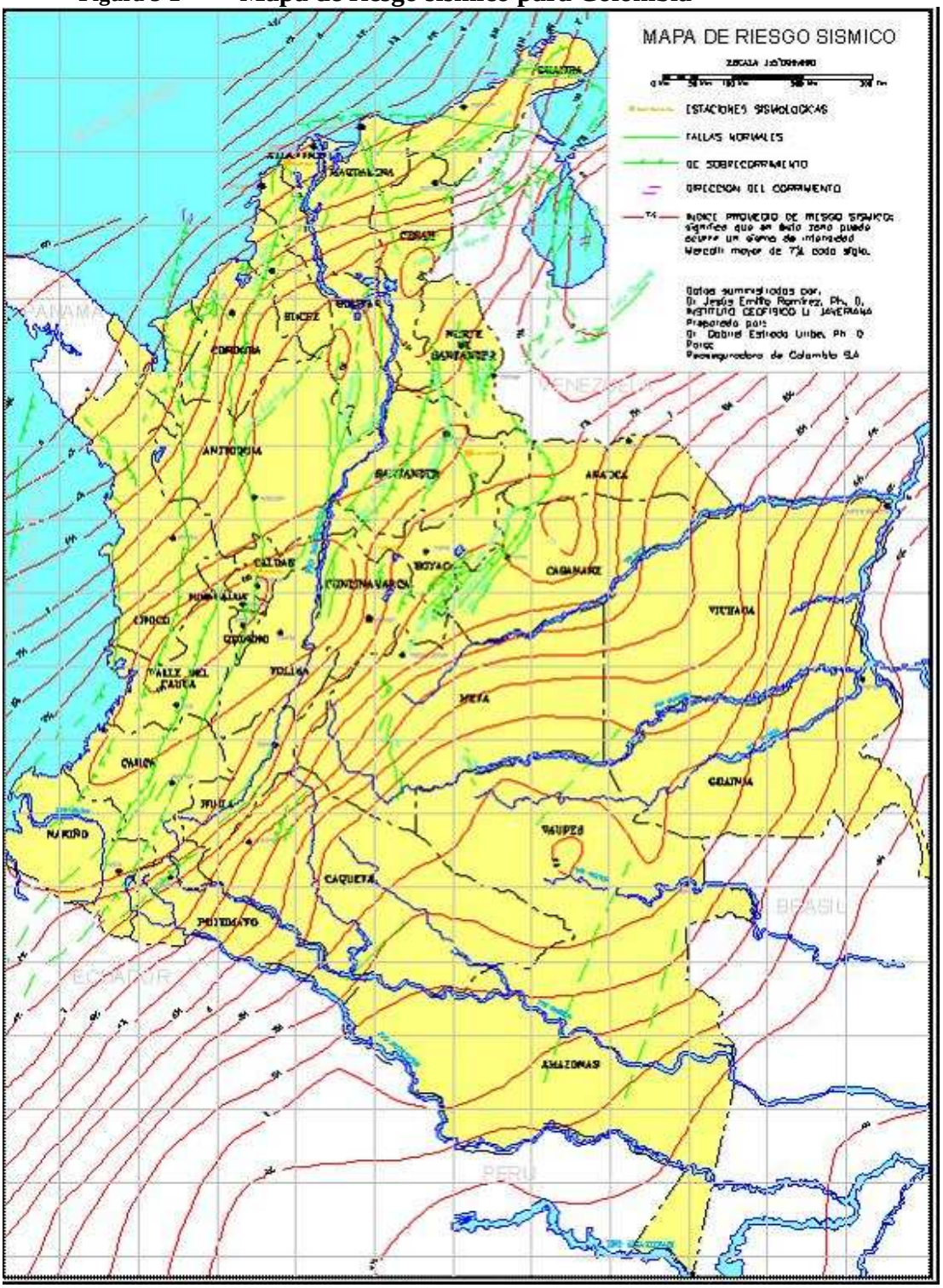
---

[13] MARTINEZ, J. et al. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral caribe colombiano. Publicaciones geológicas especiales. No. 21. Bogotá: INGEOMINAS, 1998. p. 21-24.
[14] DUQUE-CARO, H., Geotectónica y evolución de la región noroccidental colombiana. Boletín Geológico. INGEOMINAS. Volumen No. 19 y No. 3. 1980. En: Ibíd. p. 23.
[15] AGUILERA J. Estudio Oceanográfico de las aguas frente a la Ciénaga de los Vásquez. Proyecto Muelle Granja Camaronera ARANA. Municipio de Cartagena. 1.992.
[16] COLOMBIA. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERIA SÍSMICA. COMITÉ AIS 300 – Amenaza Sísmica. Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia. Santafé de Bogotá: INGEOMINAS. 1.998. p. 52.

datos suministrados por el Instituto Geofísico de la Universidad Javeriana; en éste se indica para la región la probabilidad que pueda ocurrir un sismo de intensidad Mercalli mayor que el intervalo entre 6 y 6 ¼, en una proporción de uno en cada siglo, para lo cual los valores de aceleración han sido estimados entre 0,10 y 0,020 g [17]-[18] (véase Figura 3-2).

[17] CONSULTORES AMBIENTALES. Óp. cit. p 15.
[18] 1 g = 980 cm./seg^2

Figura 3-2 Mapa de riesgo sísmico para Colombia



Fuente: Ingeominas.

Debido a la importancia y magnitud del proyecto de modernización de la Refinería, fue indispensable tener en cuenta todos los aspectos externos que pudiesen afectar el funcionamiento, la planeación y la ejecución del mismo. Por ésta razón, se realizaron ensayos que determinaron las características del subsuelo, a cargo de la firma Roberto Maldonado Ingenieros.

Así mismo, con el fin de conocer resultados confiables y representativos de resistencia sísmica (Down Hole) y resistividad eléctrica (Wenner), se realizó la caracterización del subsuelo de la zona, identificando sus principales propiedades como humedad relativa, granulometría, contenido de materia orgánica, límites de Atterbergh, gravedad específica, consolidación, compresión inconfinada, CBR y nivel freático entre otros. Los estudios de campo realizados integraron las siguientes actividades:

- Excavación de 9 pozos de 2 m. de profundidad, para extraer el material que alimenta las pruebas de laboratorio. En estos se realizaron pulsaciones de emisión de ondas, para los ensayos sísmicos.
- Sondeos triaxiales en 18 perforaciones, entre 12 a 18 m. de profundidad, con velocidad de corte y compresión y registro con lectura eléctrica; ello, con el propósito de definir un perfil de resistividad del suelo.
- Adelanto de pruebas Down Hole, a diferentes profundidades.
- Realización de 12 ensayos de resistividad eléctrica, tipo WENNER.

Los resultados de los ensayos y estudios relacionados, definen el área del proyecto como una zona habitualmente plana, rodeada por colinas de unos seis (6) metros de altura. El área fue dividida en 5 sectores: norte, sur, este, oeste y centro, con el fin de agrupar suelos de las mismas características bajo una misma área. A partir de esto y para cada área, se determinaron las características del subsuelo y se realizaron las pruebas pertinentes, para determinar tanto la resistividad eléctrica como los módulos dinámicos del suelo.

Down Hole: la metodología empleada para este tipo de estudios sísmicos es la recomendada por la casa matriz (*Geometrics*) que fabrica los equipos que se utilizaron: sismógrafo de 12 canales con computador externo y sonda triaxial. La sonda se coloca en el fondo de la perforación, mientras, se generan ondas de compresión por medio de golpes verticales de almádena (mazo de Hierro). También se generan ondas de corte, con golpes laterales en los pozos ya excavados. Estas pulsaciones deben realizarse primero en un sentido y luego en el sentido contrario, registrando el cambio de las lecturas.

Las ondas generadas por la prueba son reconocidas por el sismógrafo en los tres ejes (sonda triaxial) lo cual permite identificar tanto la forma, como la frecuencia y amplitud. Se registran los tiempos de llegada de las ondas y posteriormente se calculan las velocidades, compresionales (Vp) y de corte (Vs), en función del espesor de la capa. Ello, para determinar el módulo dinámico del suelo. Este procedimiento se repite cada medio metro (0,5m) en forma ascendente, hasta llegar a la profundidad deseada.

Resistividad Eléctrica WENNER: en el caso específico de este estudio se utilizó para la prueba un equipo ABEM – Terrameter, con electrodos impolarizables, de tecnología sueca. Ello, para obtener resultados altamente confiables. La resistividad eléctrica se determina mediante sondeos eléctricos verticales desde la superficie, creando el *perfil vertical de resistividad* del suelo. Una serie de cuatro electrodos se instala paralelamente, de forma tal que se hace pasar una corriente eléctrica desde los dos electrodos exteriores hacia el subsuelo, registrando con ello una caída de potencial hacia los electrodos internos.

Para cada sondeo se varía la distancia entre electrodos, así como la magnitud de la descarga, con el fin de obtener un amplio margen de lecturas sobre la caída de potencia e intensidad de corriente. Luego, con cada lectura y considerando las distancias entre electrodos, se determina la resistividad eléctrica del subsuelo, siguiendo para ello la Ley de *Ohm*. Con esto, se determinan las llamadas *curvas de campo* (resistividad aparente vs. distancias electrónicas) que se traducen en las curvas que representan la *resistividad real vs el espesor de capa*.

Con base en los principios y bases adelantadas, se presenta a continuación los resultados, donde se reconoce, partiendo de los cinco ensayos de *Down Hole* (DH), que los resultados fueron variables conforme se reporta en la **Tabla 3-1**, siendo la indicación de profundidades y valores correspondientes a las velocidades Vp y Vs, compresional y de corte respectivamente.

Tabla 3-1 Resultados de Ensayos Down Hole

Sondeo	Capa	Prof. (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Comentarios
1°	i	0 a 4	564	181	Arcilla media-dura; misma propagación de ondas
2°	i	0 a 1	470	185	
	ii	1 a 4	663	284	Subsuelo más denso
	iii	4 en adelante	709	331	Subsuelo aún más denso
3°	i	0 a 1	281	108	Arcilla media
	ii	1 a 2	467	223	
	iii	2 a 4 ~ 5	580	242	Arcilloso de consistencia dura
4°	i	0 a 0.5	217	102	
	ii	0.5 a 5	471	237	
5°	i	-	357	104	
	ii	-	442	229	
	iii	-	640	206	Baja la Densidad
	iv	-	515	244	

Fuente: Elaboración Propia con datos de ROBERTO MALDONADO INGENIEROS

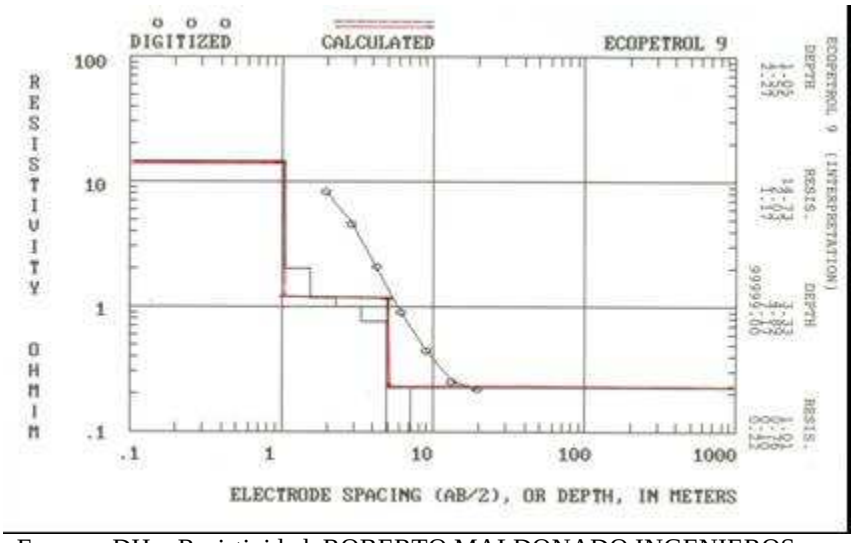
En la tabla anterior se registra una propagación de ondas medianamente constante y se reconoce un claro aumento en las velocidades Vs y Vp a medida que desciende la profundidad. La conformación del subsuelo es en su mayoría arcillas, por lo que la presencia de arenas saturadas es mínima, y se registra una baja probabilidad de licuefacción, en caso de un movimiento sísmico. La clasificación sísmica del área, según la NSR-98 es S3, que representa una amenaza sísmica baja, con un coeficiente de aceleración de A_a= 0.01m/s^2. Se recomienda entonces, construir pendientes de excavación de 1:1 (H:V) con profundidades menores a 1,2 m, o de 1:2 (H:V) cuando la profundidad sea mayor.

Si bien, es claro que el suelo tiene una considerable capacidad de sustentación, por el tipo de obra en el proyecto, se debe cuidar el drenaje del mismo para evitar problemas de expansión, debido a la conformación de las arcillas registradas en el subsuelo. Para la construcción, se recomienda tener una sólida base granular, que sustente las cargas y solicitudes que soportará el suelo en la etapa final del proyecto, así como utilizar un factor de seguridad de 2,0 para cargas sísmicas, de acuerdo con el UBC (Uniform Building Code).

Con respecto a los 12 ensayos de *resistividad eléctrica* realizados, se registraron datos que se modelaron en DAIVES (Direct Automatic Interpretation of Vertical Electrical Soundings), con el fin de tener una interpretación matemática que analizará de manera más simple las lecturas registradas. Estas interpretaciones se pasaron luego a modelos más simples de tres o cuatro capas, exponiendo una situación más real y acorde con la situación del proyecto. En estos casos los resultados se plasman por lo general en gráficas o *curvas*

tipo, que representan el comportamiento del suelo con respecto a la conductividad o resistividad. Se escogió entonces la curva tipo 9 como la que mejor representa la resistividad del terreno en tres capas diferentes y que se expresa en la Figura 3-3 siguiente.

Figura 3-3 Curva Tipo 9 de Resistividad Eléctrica del Suelo



Fuente: Informe Ensayos DH y Resistividad, ROBERTO MALDONADO INGENIEROS

Como se puede observar en la gráfica anterior, al aumentar la profundidad, la resistividad disminuye (aumenta la conductividad), ello debido a la presencia de iones en solución. Donde existe una clara división, con tres (3) capas eléctricas así:

- *Capa 1*: de la superficie hasta 1 m. de profundidad registra una resistencia de 14,73 *Ohm-m* que es variable, debido a la composición y saturación del suelo.
- *Capa* 2: va desde 1 m. de profundidad hasta 4,5 ~ 7 m. (cambio general entre 6 y 7 m), con una resistividad de 1.0 *Ohm-m*.
- *Capa 3*: a partir de 7 m. en adelante; presenta una resistividad de 0.1 *Ohm-m*, siendo éste registro típico de un suelo saturado con agua salada.

En la Tabla 3-2 se consignan los resultados de los estudios de medición de resistividad eléctrica tabulada por capas, con sus respectivas recomendaciones:

Tabla 3-2 Resultados y Recomendaciones de la Resistividad Eléctrica del Suelo

SEV	Capa 10		Capa 2		Capa 3	RECOMENDACIÓN
	Resist.	**Prof.**	**Resist.**	**Prof.**	**Resist.**	
No.	*Ohm-m*	*m*	*Ohm-m*	*m*	*Ohm-m*	*M*
1	1,81	0,95	0,3	6,46	0,07	Prof. > 1,5 m, Resist. 0,5 Ohm-m
2	3,92	0,95	1	4,4	0,18	Prof. > 1,0 m Resist. 1,0 Ohm-m
3	0,77	0,95	0,1	6,46	0,02	Prof. > 1,5 m Resist. 0,1 Ohm-m
4	3,01	1,05	1,2	7,17		Prof. > 1,5 m Resist. 1,5 Ohm-m
5	6,37	1,05	0,3	7,17	0,09	Prof. > 1,5 m Resist. 0,3 Ohm-m
6	31,96	1,05	1	7,17	0,15	Prof. > 1,5 m Resist. 1,0 Ohm-m
7	2,77	0,85	0,24	5,81	0,1	Prof. > 1,5 m Resist. 0,3 Ohm-m
8	13,6	0,96	1	4,47	0,19	Prof. > 1,5 m Resist. 1,0 Ohm-m
9	14,73	1,05	1,3	4,89	0,22	Prof. > 1,5 m Resist. 1,5 Ohm-m
10	11,62	1,05	1	4,89	0,13	Prof. > 1,5 m Resist. 1,0 Ohm-m
11	18,69	1,05	1	4,89	0,19	Prof. > 1,5 m Resist. 1,0 Ohm-m
12	2,1	0,95	0,9	6,46	0,12	Prof. > 1,5 m Resist. 1,0 Ohm-m

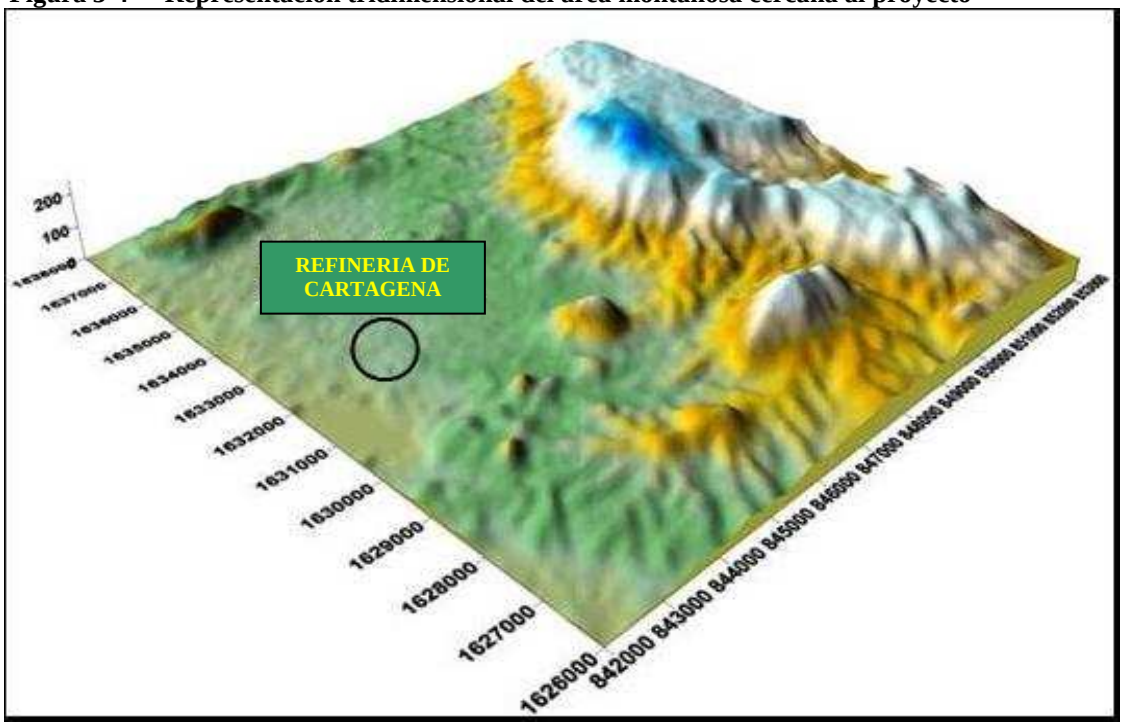
Fuente: Ensayos DH y Resistividad, ROBERTO MALDONADO INGENIEROS

La recomendación general consiste en utilizar una resistividad de 1,0 Ohm-m para toda la zona, a una profundidad mayor a 1,5 m. Lo anterior, para garantizar el cubrimiento total de la zona en cuanto a resistividad eléctrica del suelo, debido a su proximidad al mar, factor que aumenta la conductividad del suelo.

3.2.2 Geomorfología

El predio donde se encuentra la Refinería de Cartagena forma parte de la planicie costera, presentando una morfología suave - de ondulada a plana, rodeada de colinas y cerros de poca altitud, como los de Albornoz, que se extienden hasta alcanzar el borde de la Bahía de Cartagena.

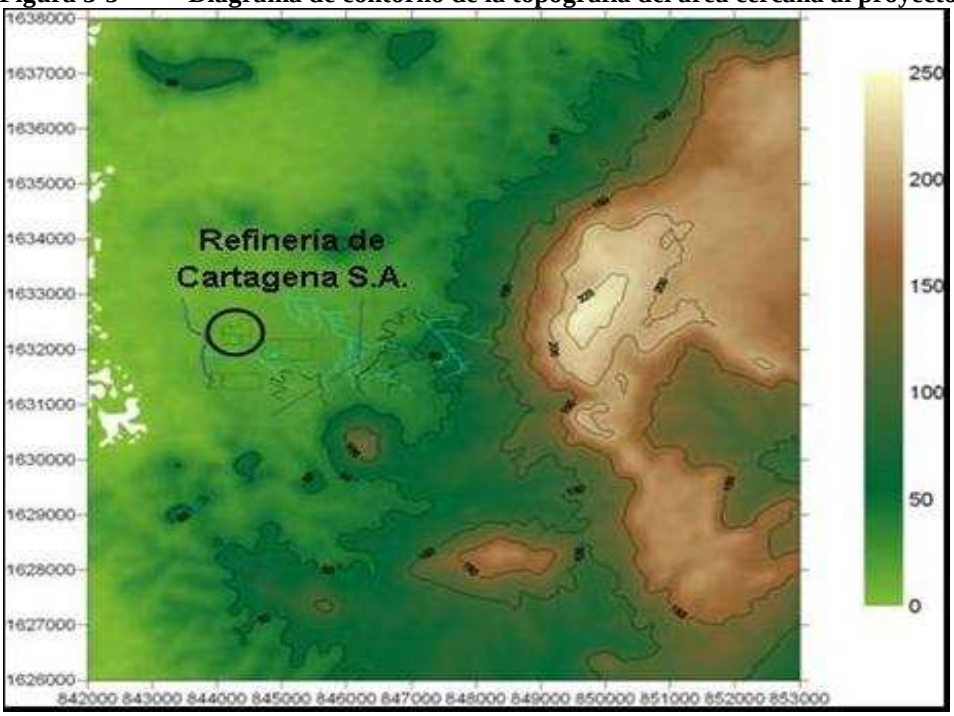
Figura 3-4 Representación tridimensional del área montañosa cercana al proyecto



Fuente: Elaboración Araujo Ibarra & Asociados S.A., EIA.

(Ver el plano 3-2 plano geomorfológico de la zona y el plano 3-9 plano topográfico.)

Figura 3-5 Diagrama de contorno de la topografía del área cercana al proyecto



Fuente: Elaboración Araujo Ibarra & Asociados S.A., EIA.

3.2.3 Suelos

Conforme se mencionó en el aparte de pruebas de resistividad y se señala en otros estudios adelantados, los suelos donde se ubica la Refinería de Cartagena, se caracterizan por la presencia de depósitos arcillosos y areno-arcillosos, con variaciones faciales de arenas cuarzosas, dispuestas a manera de lentes, las cuales se manifiestan principalmente en los sectores central y sur del terreno de la misma.[19]

Así mismo, vale destacar que mediante el Acuerdo No. 33 del 3 de octubre de 2007, por medio del cual se modificó excepcionalmente el Decreto Distrital 977 de 2001 del Plan de Ordenamiento Territorial, (ANEXO 3-1) se establece como usos del suelo permitidos para el área del proyecto exclusivamente los industriales tipo 2 y 3, por lo cual, no existe conflicto entre el POT y el alcance del proyecto. (Véase Figura 3-6 y el plano 3-3).

Aparte de lo señalado y conforme la cartografía del POT de Cartagena, sobre el margen occidental de la carretera denominada variante Mamonal, en la que existe un plano de

[8] HIDROGECOL. Informe de Perforación de Piezómetros en la Refinería de Cartagena ICP. 1996. En: CALIDAD AMBIENTAL. UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Plan Maestro Refinería de Cartagena. Cartagena. 1997. p. 60.

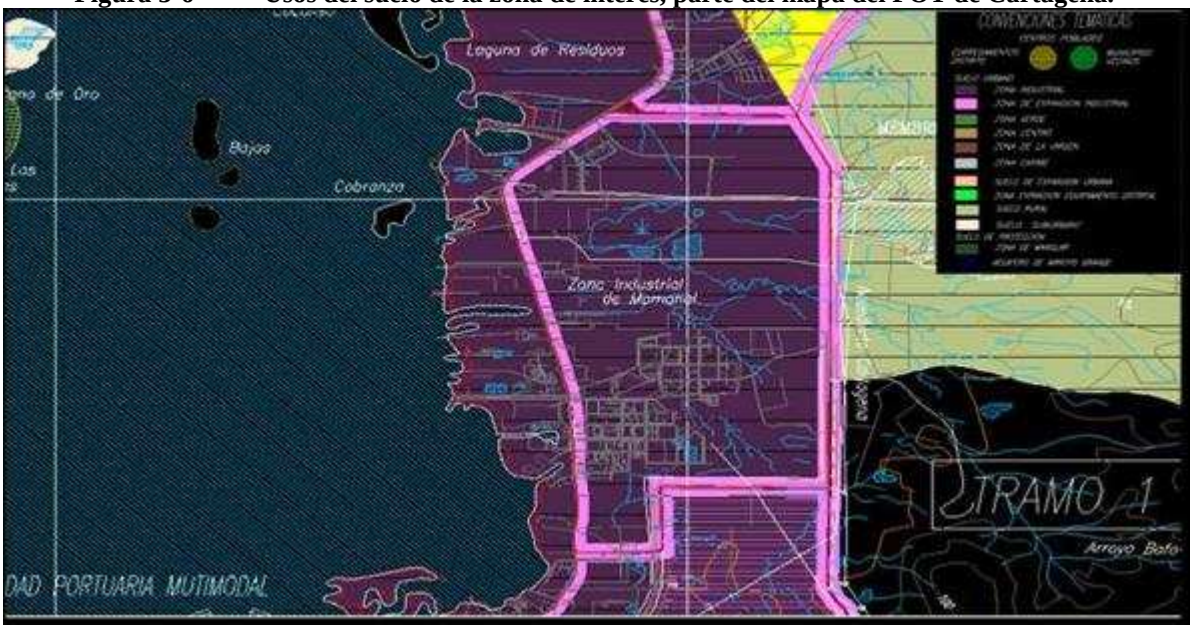
inundación, se señala una demarcación de falla geológica y se señala el paso de la infraestructura de energía de alta tensión.

De otro lado y en lo atinente a la zona costera aledaña, vale destacar que todo el litoral costero tiene como demarcación una declaración de zona de manejo especial, que abarca el conjunto de la Bahía de Cartagena. De otro lado y sobre el delta del canal del Dique, se delimita la zona de manglar y hacia el sur, la zona de protección del parque cacique Dueto.

Hacia el sur, el caño Lequerica que cuenta con una zona de manglar expandida producto del avance del micro delta del Dique, que alimenta y conecta el Canal con el área de la Bahía de Barbacoas conformando el borde oriental de la denominada Isla de Barú, registra la zona hoy delimitada como de pesca artesanal, mientras que por su parte la Bahía de Cartagena tiene veda para la pesca.

Es de destacar con respecto a las zonas de interés mencionadas, que salvo algunas áreas del territorio que surca el Canal del Dique entre el Caño Matunilla y la Bahía de Cartagena, las áreas que registran hoy una protección al patrimonio arqueológico regional, y que fuesen identificadas en la década del 70 por Reichel-Dolmatov se ubican en la Hacienda de Estancia de Ciénaga Honda y en los Hornos de Santa Ana, sitios estos localizados en la Isla Barú, casi frente a la Bahía de Cartagena.

Figura 3-6 Usos del suelo de la zona de interés, parte del mapa del POT de Cartagena.



Fuente: Secretaría de Planeación de Cartagena, planos de Plan de ordenamiento Territorial, aprobado.

Para los fines de profundizar en la identificación de potenciales pasivos ambientales o eventualmente, trazas o registros de contaminación de suelos y aguas freáticas en los terrenos de la Refinería de Cartagena, la firma *URS Corporation* adelantó para REFICAR

los estudios de suelos y la medición de potenciales cargas contaminantes[20]. Los trabajos encomendados comprendieron los siguientes bloques de actividades principales:

1 Revisión y análisis de la información existente en ECOPETROl, que incluyó los informes ambientales de los tres últimos años, proporcionados por los operadores de la Refinería.

2 Verificación del Plan de Salud y Seguridad elaborado específicamente para el Proyecto cuando se concibió el Plan Maestro de la Refinería.

3 Elaboración del Plan de Trabajo de Campo para la investigación de suelos y pasivos potenciales, lo cual incluyó:

- Inspecciones iniciales de campo
- Diseño e implementación del Programa de Muestreo de suelos y entierros potenciales

4 Análisis a las muestras recolectadas de suelos y sitios de potenciales pasivos, en campo y en laboratorio.

5 Convalidación de datos de laboratorio.

6 Interpretación de los resultados de laboratorio

Para el análisis de las muestras se emplearon los siguientes métodos de la U.S. EPA:

- Hidrocarburos Totales de Petróleo mediante el método TNRCC 1005.
- Compuestos Orgánicos Volátiles (VOCs) mediante el Método SW – 846 8260B de la Norma U.S. EPA SW-846
- Compuestos Orgánicos Semivolátiles (SVOCs) por el Método SW-846 8270C de la Norma U.S. EPA SW 846
- Metales por el Método SW-846 6010B, excepto para Mercurio donde se utilizó el método SW-846 7471A de la Norma U.S. EPA SW-846.

El programa de muestreo, contempló la recolección de muestras del suelo en:

- Barrenos manuales o fosas de exploración en áreas potencialmente contaminadas (conocidas o supuestas).

[20] Investigación Ambiental Fase II – Instalaciones Refinería Cartagena S.A. (REFICAR) Informe final, *URS* Corporation. 2008

- Zanjas de exploración en áreas de potenciales pasivos por la existencia de entierros de desechos (conocidas o supuestas).

Se destaca que la verificación de la calidad del suelo comprendió tanto las áreas de operación de la Refinería actual, como las áreas a desarrollar por el proyecto, como sigue:

Área de la Refinería

Con base en los hallazgos visuales, durante las inspecciones preliminares realizadas a la Refinería, *URS* seleccionó las siguientes áreas para realizar el estudio de suelos:

Tabla 3-3 Áreas seleccionadas para la inspección preliminar del estado del suelo.

Sector	Punto de monitoreo	Muestras recolectadas
Área 3000	Área de potencial derrame en área de contención secundaria de los Tanques 3011, 3033, 3035, 3081, 3082, 3036 y 3034	4
Área 1000	Área de potencial derrame en área de contención secundaria de los Tanques 1012, 1116 y 1001 y ducto entre los Tanques 1111 - 1116	2
Recinto Chatarra	Áreas aparentemente manchadas por residuos de aceites y otros productos dispuestos inadecuadamente.	1
Planta Viscorreductora	Áreas de derrame al norte y este del sitio del Tanque Caliente	4 (una es duplicada)
	Total de muestras recolectadas para Análisis Químico	**11 (una es duplicada)**

Fuente: *URS*, Investigación Ambiental Fase II – Instalaciones Refinería Cartagena S.A. (REFICAR) Informe final. 2008

Área a Desarrollar

El área a ser desarrollada en un futuro próximo para la ampliación de la Refinería, se encuentra en el sector sudeste del terreno de propiedad de REFICAR. Esta área fue investigada con el objeto de conocer la calidad del suelo conforme se registra en la Tabla 3-4, para lo cual se destaca que en este sector también se eligieron dos muestras blanco, que representan la condición natural del suelo (*backround*).

Tabla 3-4 Área de estudio desarrollada

Sector	Punto de monitoreo	Muestras recolectadas
Área a Desarrollar	En este sector se eligieron dos muestras que representan la calidad natural del suelo (background)	3 (una es duplicada)

Fuente: *URS*, Investigación Ambiental Fase II – Instalaciones Refinería Cartagena S.A. (REFICAR.) Informe final. 2008

De otra parte y conociendo la importancia de determinar la posible contaminación del suelo por la histórica actividad de la refinación del petróleo (mas de 50 años desde sus inicios hasta la fecha), *URS* también adelantó una investigación en aquellas zonas potenciales donde por registros históricos, se sugería la existencia de posibles entierros de contaminantes. Para los fines señalados y en función de los hallazgos visuales que observó el grupo de expertos durante las inspecciones preliminares la refinería, se seleccionaron las siguientes áreas:

Tabla 3-5 Puntos de monitoreo en las áreas identificadas.

Sector	Punto de monitoreo	Muestras recolectadas
Área Landfarming	Sector 1, Sector 2 y Sector 3 de fosas de disposición de lodos y suelos remediados	7
Recinto Chatarra	Áreas manchadas por derrames de aceites y otros productos dispuestos inadecuadamente	1
Planta Tratamiento de Aguas	Durante las inspecciones preliminares no se encontraron hallazgos	3
	Total de muestras recolectadas para Análisis Químico	**11** **(una es duplicada)**

Fuente: *URS*, Investigación Ambiental Fase II – Instalaciones Refinería Cartagena S.A. (REFICAR) Informe final. Marzo de 2008

Vale destacar que todos los puntos muestreados se encuentran referenciados en la Tabla 3-6 y se ilustran en la

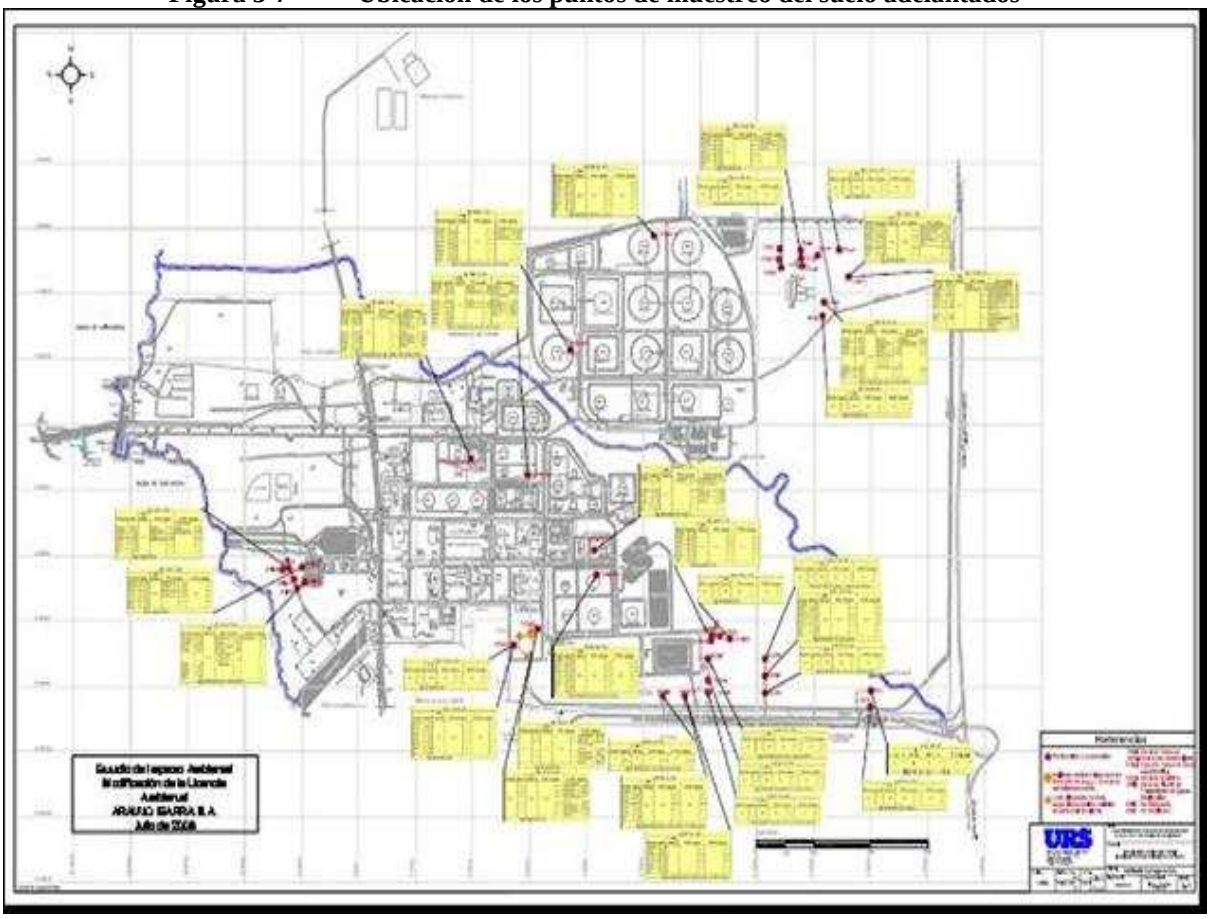
Figura 3-7 y el plano 3-4 de ubicación de los puntos de monitoreo, siguientes:

Tabla 3-6 Puntos de monitoreo en las áreas referenciada. Incluye los parámetros analizados.

Sector	No.	Código	Fecha	Hora	Parámetros Analizados			
					TPH	VOCs	SVOCs	Metales MCP
Refinería: Área 3000	1	RC-S01 (0,8 -1,0)	22-Nov-07	14:00	1			1
	2	RC-S02 (0,9 -1,1)	22-Nov-07	16:00	1	1	1	1
	3	RC-S03 (1,4 -1,6)	23-Nov-07	10:45	1	1	1	1
	4	RC-S04 (1,8 -2,0)	23-Nov-07	13:20	1	1	1	1
Refinería: Área 1000	5	RC-S05 (1,9-2,1)	23-Nov-07	14:40	1	1	1	1
	6	RC-S06 (1,5-1,7)	23-Nov-07	15:55	1			1
Refinería: Recinto Chatarra	7	CHA -03 (1,5-1,7)	27-Nov-07	11:25	1			1
Refinería: Planta Viscorreductora	8	TKE -01(0,8-1,0)	29-Nov-07	09:30	1			1
	9	TKE -01(1,8-2,0)	29-Nov-07	09:35	1			1
	10	TKE-02 (1,4-1,6)	29-Nov-07	10:15	1	1	1	
	11	TKE-03 (1,6-1,8)	29-Nov-07	11:00	1	1	1	
Adyacente a refinería: Área a Desarrollar	12	AAD-1(2,7-2,9)	24-Nov-07	09:20	1			
	13	AAD-2 (2,4-2,9)	24-Nov-07	10:00	1			
	14	AAD-3 (1,3-1,5)	24-Nov-07	10:30	1			
	15	AAD-4 (0,0-0,5)	24-Nov-07	11:00	1			
	16	AAD-5 (2,3-2,5)	24-Nov-07	11:35	1			
	17	AAD-6 (2,6-2,8)	24-Nov-07	13:30	1			
	18	AAD-7(1,3-1,5)	24-Nov-07	13:55	1			
	19	AAD-8 (2,8-3,0)	24-Nov-07	14.16	1			
	20	AAD-9 (1,5-1,7)	24-Nov-07	14:45	1			
	21	AAD-10 (1,2-1,4)	24-Nov-07	15:05	1			
	22	AAD-11 (1,1-1,5)	24-Nov-07	15:45	1			
Totales					**22**	**6**	**6**	**11**

Fuente: *URS*, Investigación Ambiental Fase II – Instalaciones Refinería Cartagena S.A. (REFICAR) Informe final. 2008.

Figura 3-7 Ubicación de los puntos de muestreo del suelo adelantados



Fuente: *URS*, Investigación Ambiental Fase II – Instalaciones Refinería de Cartagena S.A. (REFICAR). Informe final. Marzo de 2008

Se presenta a continuación un resumen de los resultados del estudio adelantado y cuyos datos obtenidos son comparados con la norma Holandesa de suelos (debido a que en Colombia no existe una parametrización para este tipo de análisis) para los fines de análisis así: (vease el ANEXO 3-2, resultados del estudio de suelo).

1. Litológicamente, en todo el lote de la Refinería se encontró que los suelos son arcillosos, de coloración marrón oscura a gris negruzca conforme se reportó previamente. Localmente, están mezclados con trazas de gravas y material importado para el relleno de caminos y en general las vías de acceso adecuadas.

   Área de la Refinería: Los resultados de los análisis de TPH, VOCs, SVOCs y MCPs indican que las concentraciones de estas variables no exceden el criterio de intervención de la norma holandesa mencionada. De igual forma, se resalta que en varios casos, dichos contaminantes no fueron detectados, por lo que se concluye que estos suelos no

requieren una intervención por estos parámetros y en general mantienen condiciones normales.

Área adyacente a la Refinería (a desarrollar): los análisis de TPH y MCPs en la mayoría de las muestras no registraron la presencia de estos contaminantes, y en los que se detectaron algunas trazas de dichas sustancias, las concentraciones fueron ínfimas, por lo que se concluye, de acuerdo a la norma holandesa, que el área a desarrollar presenta una buena calidad en cuanto a suelos y no registra la existencia de pasivos, a nivel de las zonas muestreadas.

2. Concentraciones: los resultados de las muestras de referencia, AAD- 7 (1,3 - 1,5) y AAD-10 (1,2 - 1,4), indican que la calidad natural de suelos tendría los siguientes promedios en cuanto a concentración de MCPs en mg/Kg.:

    1. Arsénico, 4,4
    2. Berilio, 0,355
    3. Cromo, 19,1
    4. Cobre, 33,0
    5. Plomo, 7,0
    6. Níkel 23,4
    7. Talio, 2,2
    8. Zinc, 58,0

    Vale destacar que concentraciones de Mercurio no fueron detectadas (el promedio del límite de detección del método es de 0,0479 mg/Kg.), por lo que se puede concluir que el suelo no contiene dicho metal o en el peor se los casos, su concentración es menor que 0,0479 mg/kg.

3. Potenciales entierros

Área de Landfarming (fosa de lodos)

Los resultados de los análisis de TPH indican que las concentraciones registradas no exceden el criterio de intervención de la norma holandesa o que este contaminante no fue detectado, por lo que se concluye que estos suelos están siendo adecuadamente remediados y no requieren ser intervenidos por este parámetro mas allá de las labores que a la fecha se acometen por el operador de la refinería. Las concentraciones detectadas de VOCs, en µg/Kg., en estas muestras fueron las siguientes:

- Acetona 15,6
- Benceno 5,57 y Benceno 6,69
- Etylbenceno 13 y Etylbenceno 5,75
- Metyl,Etyl Cetona (2-Butanona) 19,8

- Tolueno 5,25
- Xyleno (total) 16,5

Por su parte, las concentraciones detectadas de SVOCs, en µg/Kg., fueron:

- 2-Metylnaphtaleno 1.259 y 2-Metylnaphthaleno 49.000
- 3-Metylcholantreno 1.950
- Benzo(a)anthraceno 5.331 y Benzo(a)anthraceno 8.334
- Benzo(a)pyreno 4.268 y Benzo(a) pyreno 6.623
- Benzo(b)fluorantheno 1.913
- Benzo(ghi)peryleno 2.059
- Cryseno15.880, Cryseno 2.992 y Cryseno 9.683
- Dibenzo(a,h) anthraceno 861
- Phenanthreno 3.545, Phenanthreno 39.560, Phenanthreno 5.370 y Phenanthreno 5.752
- Pyreno 10.560, Pyreno 15.850 y Pyreno 4.364

Adicionalmente, las concentraciones detectadas de MCPs, en mg/Kg., fueron las siguientes:

- Arsénico 10,1, Arsénico 6,65, Arsénico 9,53 y Arsénico 9,56
- Berilio 0,249, Berilio 0,271 y Berilio 0,354
- Cromo 10,1, Cromo 11,1 y Cromo 18,9
- Cobre 107, Cobre 30,5, Cobre 31,1 y Cobre 44,3
- Plomo 12,5, Plomo 14,2, Plomo 8,27 y Plomo 9,6
- Mercurio 0,0779, Mercurio 0,0896, Mercurio 0,136 y Mercurio 0,143
- Níkel 15,2, Níkel 15,7, Níkel 15,8 y Níkel 25,4
- Zinc 107, Zinc 109, Zinc 58,7 y Zinc 60

Los resultados de los análisis de TPH, VOCs, SVOCs y MCPs indican que las concentraciones de estas variables no exceden el criterio de intervención de la norma holandesa o que dichos contaminantes no fueron detectados, por lo que se concluye que estos suelos no requieren ser intervenidos por estos parámetros.

Área del Recinto de Chatarra

Los resultados de los análisis de TPH y MCPs indican que las concentraciones de estos parámetros no exceden el criterio de intervención de la norma holandesa o que estos contaminantes no fueron detectados, por lo que se concluye que estos suelos no requieren ser intervenidos por estos parámetros.

Área de la Planta Tratamiento de Aguas Residuales

Los resultados de los análisis de TPH, VOCs, SVOCs y MCPs indican que las concentraciones de estos parámetros no exceden el criterio de intervención de la norma holandesa o que estos contaminantes no fueron detectados, por lo que se concluye que estos suelos no requieren ser intervenidos por estos parámetros.

De lo anterior se concluye lo siguiente:

- En ninguno de los sitios investigados y analizados en laboratorio para Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH), Compuestos Orgánicos Volátiles (VOCs), Compuestos Orgánicos Semivolátiles (SVOCs) o Metales Contaminantes Prioritarios (MCP), o sus compuestos, se reportan valores que excedan los criterios de intervención de la norma holandesa citada o estos contaminantes no fueron detectados, por lo que se concluye de acuerdo a los resultados encontrados y a los límites de referencia de la norma holandesa, que los suelos de los sitios investigados en la Refinería de Cartagena no requieren ser intervenidos por estos parámetros.
- No se encontraron durante los muestreos adelantados, vestigios o restos de entierros de residuos contaminados que demanden de medidas de remoción y/o remediación de los mismos
- En el área del tanque caliente que fue retirado en la Planta Viscorreductora, se encontraron 3 fosas que conforme el personal responsable de la operación y mantenimiento de la planta, fueron realizadas para disponer temporalmente los lodos y borras del tanque. Se recomendó retirar ese material y disponerlo adecuadamente, ya que de no ser así, podría constituirse en un incumplimiento.

3.2.4 Hidrología

La Refinería de Cartagena se ubica dentro de la cuenca de Arroyo Grande, la cual recoge las aguas lluvias provenientes del cerro Albornoz que drenan hacia la Bahía. Siendo una cuenca bastante intervenida antropogénicamente, su cauce es constantemente afectado, lo cual ocasiona desbordamientos e inundaciones en las áreas aledañas. Ello obligó a ECOPETROL, durante los años de 1995 y 1997 a desarrollar una serie de obras para la rectificación y adecuación de dicho arroyo, obras que han evitado hasta la presente la afectación de los terrenos de la Refinería.[21]. (ver plano 3-5).

3.2.4.1 Características Geomorfológicas regionales

La Bahía de Cartagena, ubicada en la parte central del caribe colombiano, tiene una superficie aproximada de 82 Km^2. y una profundidad promedio de 16 m., siendo

[21]. CALIDAD AMBIENTAL. UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA.

considerada como el principal componente del sistema de caños y lagunas de Cartagena. Separada del Mar Caribe por la Isla de Tierra Bomba y moldeada por la formación de barreras naturales de coral que se extendieron paralelamente a la costa y se consolidaron hacia finales del período Cuaternario Superior, la Bahía era catalogada como un ecosistema de arrecifes de coral bastante importante. Actualmente es considerada como sistema estuarino, mismo que se consolidó con el ingreso de las aguas del Canal del Dique a la bahía a principios de la década del 50, con ocasión de la apertura de la boca de Pasacaballos, que hoy aporta un caudal promedio de 100 m^3/seg. y una descarga sedimentaria importante, calculada en un 35% de los cerca de 10 millones de metros cúbicos de sedimentos anuales que ingresan del río Magdalena por el municipio de Calamar.[22]-[23]-[24], todas vez que el 70% restante se deposita en mar Caribe a través del sistema del Caño Correa y en la Bahía de Barbacoas a través de los caños Matunilla y Lequerica[25].

La llegada del Canal del Dique generó grandes cambios ambientales y morfológicos en la Bahía, al introducir agua dulce, elementos en disolución, partículas en suspensión y materiales de arrastre, con lo cual se alteraron las condiciones físicas, químicas y sedimentológicas de sus aguas, originándose una sucesión y transformación ecológica y ambiental profunda de la misma, que representó el debilitamiento y muerte de las formaciones coralinas presentes en el interior de la Bahía, y la colonización de las riberas y terrazas coralinas por formaciones de manglar, con lo cual se dio la transformación de la Bahía de ser de un ambiente típicamente halo-halino a uno típicamente estuarino.[26]

3.2.4.2 Condiciones hidrodinámicas

Las condiciones hidrodinámicas de las aguas de la Bahía de Cartagena son estacionales de acuerdo con el periodo climático y son dominadas principalmente por el régimen de los vientos y las corrientes de deriva, generadas por las mareas con sus corrientes de entrada y salida, por los aportes del Canal del Dique y por la distribución de masa o circulación termohalina, inducida por las variaciones de densidad.

El intercambio de aguas de la Bahía con el mar abierto se realiza al norte por la entrada de Bocagrande, sometida a un fuerte proceso de sedimentación debido a la acción de la

---

[22] Schaus, R.H. Circulación y transporte del agua en la Bahía de Cartagena de Indias, mediante su representación por el modelo hidrodinámico numérico de circulación. División de Oceanografía. Armada nacional. Bogotá., 1974. 49 p.
[23] PAGLIARDINI, J.L. Síntesis Proyecto Bahía de Cartagena. Bol. Cient. CIOH No. 4. Cartagena, 1982. 79 p.
[24] AGUILERA, María. El Canal del Dique y su Subregión: Una Economía Basada en la Riqueza Hídrica. Banco de la República: Cartagena de Indias, 2006. p.27.
[25] VIÑA-VIZCAINO, G. 1989. Impacto del dragado en las zonas de manglar del canal del Dique (Colombia). *Bull. Inst. Geol. Bassin d'Aquitaine, Bourdeaux* 45: 177-188.
[26] IDEADE, Cartagena, ambiente y desarrollo. Pontificia Universidad Javeriana. COLCIENCIAS, OEA: Bogotá, 1993. 110 p.

corriente de deriva litoral, condición que fue aprovechada en el año de 1771 por los españoles para construir una barrera submarina, conocida como la Escollera, que presenta actualmente profundidades que van desde los 0,6 hasta los 2,1 m. La entrada sur tiene tres estrechos; dos de ellos registran profundidades que alcanzan entre 0,5 y 3 m., y el tercero, conocido como Bocachica, es también la boca de entrada al puerto, presentando el canal de acceso una profundidad de 11,9 m[27].

El intercambio de las aguas de fondo de la Bahía se dificulta por sus características geomorfológicas e hidrodinámicas, siendo un cuerpo de agua semicerrado con profundidades que sobrepasan los 26 metros y con un régimen de mareas de poca amplitud, dando como resultado un tiempo de renovación de aguas bastante largo.

Durante el período seco, cuando los vientos alisios se intensifican en una dirección predominante NE y los aportes del Canal del Dique disminuyen, se induce una corriente superficial hacia el sur, presentándose un apilamiento de las aguas dulces del Dique en el sur de la Bahía y una corriente profunda de compensación de masa de sur a norte.

Durante este mismo periodo, por efectos del régimen de mareas, el agua oceánica fluye fácilmente entrando o saliendo a través de las bocas del sur, mientras que por Bocagrande, durante la marea entrando, por efectos de la interacción de la acción de la marea con los vientos, puede formarse una convergencia de los flujos superficiales, haciendo que el agua oceánica tienda a hundirse a lo largo del talud de la Escollera[28] (véase Figura 3-8).

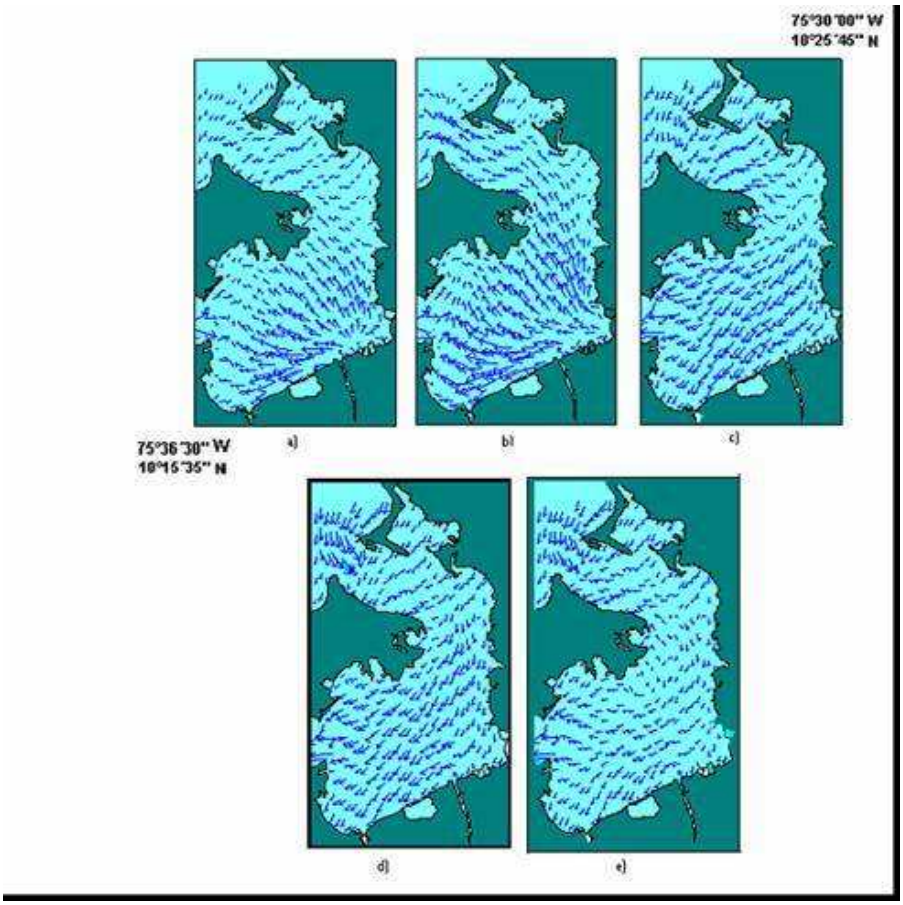
Durante la época de lluvias los caudales del Canal del Dique alcanzan su máximo, generándose una corriente superficial hacia el norte, caracterizada por una capa de agua liviana y salobre que para el mes de octubre alcanza la Bahía interior, cubriendo un gran porcentaje del espejo de agua de la Bahía y presentando un espesor cercano a los 15 m. en su parte central, 22 m. en la desembocadura del canal. En Bocachica se registra una profundidad de 5 m[29] (véase Figura 3-9).

A mediados de año, con la llegada de lo que se conoce como veranillo de San Juan, los vientos se intensifican y tienden a regularse en dirección NE, induciendo a las aguas del dique a apilarse hacia ambas orillas, pero desaparece prácticamente su influencia en el centro de la Bahía.

---

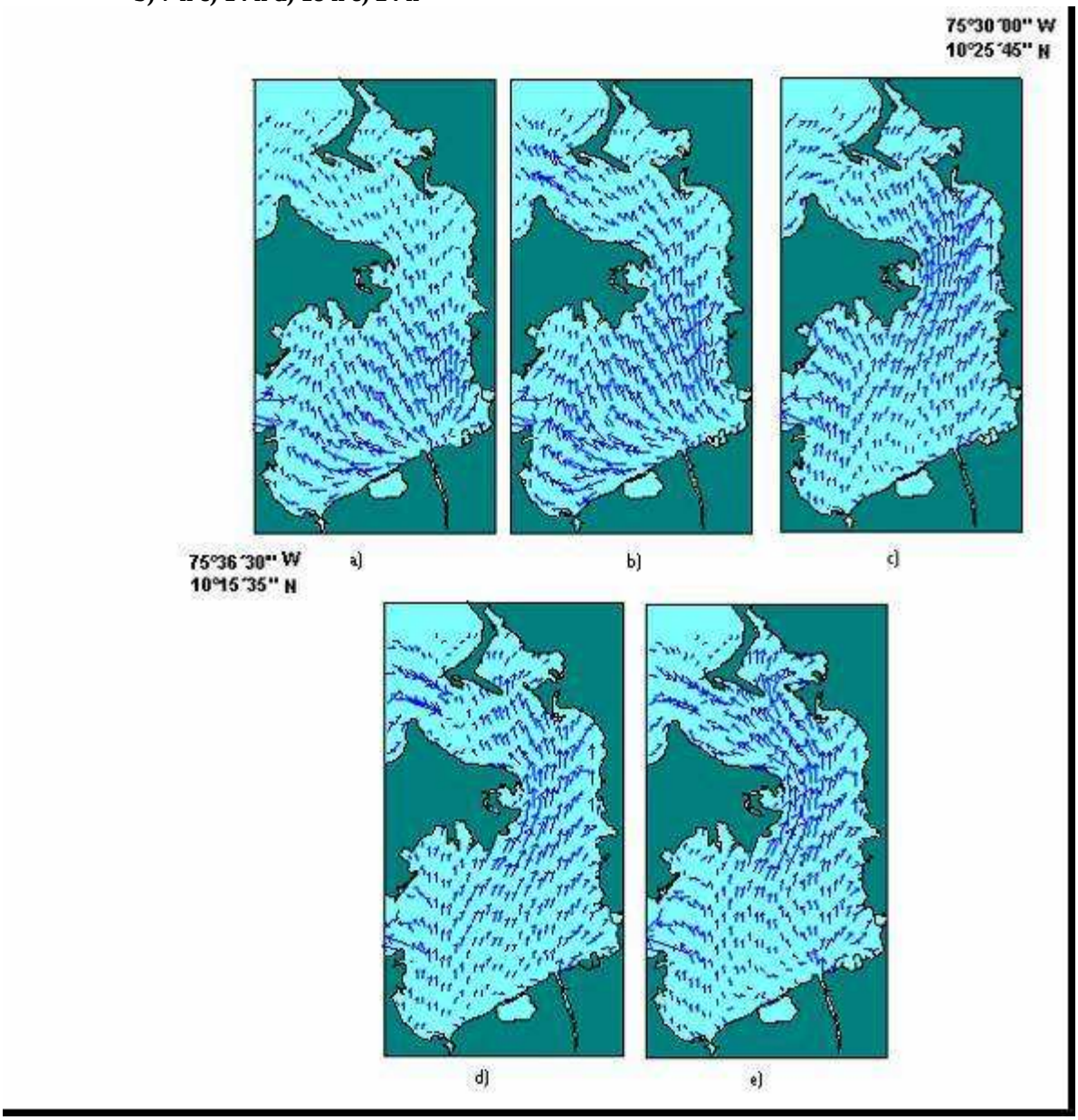
[27] GARAY, J.A., y GIRALDO, L.N. Influencia de los aportes de materia orgánica externa y autóctona en el decrecimiento de los niveles de Oxígeno disuelto en la Bahía de Cartagena. Bol. Cient. CIOH No. 18. Cartagena, 1997. p. 1 – 13.
[28] LONIN, S. Modelación de dispersión y difusión de las sustancias en la Bahía de Cartagena: OCEAMET, 2007. p. 11.
[29] URBANO, J. Estado actual de la Bahía de Cartagena. Bol. Cient. CIOH No. 10. Cartagena, 1992. p 3-12.

Figura 3-8 Régimen de corrientes en la época seca para la Bahía de Cartagena. a) 5 h b) 7 h c) 14 h d) 18 h e) 24 h



Fuente: Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH). Régimen de corrientes Bahía de Cartagena. Resultados modelo de derrames CIOH. 2004.

Figura 3-9 Régimen de corrientes superficiales de la Bahía de Cartagena, para la época húmeda a) 5 h b) 7 h c) 14 h d) 18 h e) 24 h



Fuente: Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH). Régimen de corrientes bahía de Cartagena. Resultados modelo de derrames CIOH, 2004.

Durante la época de lluvias, las aguas superficiales bajan en salinidad, independientemente del ciclo de marea, y tienden a salir de la Bahía, tanto por Bocagrande como por Bocachica, y la capa del fondo se comporta aisladamente, de acuerdo con el régimen de la marea.[30]

En el caribe colombiano, el régimen de mareas se caracteriza por ser de tipo semidiurno y microtidal, registrando una amplitud inferior a 0,5 metros, por lo que su efecto en las condiciones hidrodinámicas de la Bahía es inferior a las variaciones estacionales del régimen de vientos y del caudal del Canal del Dique. Sin embargo, gracias a su acción, se presenta alternativamente el flujo y reflujo de agua a través de sus bocas

El oleaje dentro del interior de la Bahía está en función del régimen de los vientos y limitado a la poca distancia disponible para su generación, registrándose alturas entre los 10 y 50 centímetros en el umbral de viento de 6 y 7 m/s. Aunque el oleaje generado es de poca amplitud, su acción favorece el proceso turbulento de mezcla superficial. [31]

El oleaje en mar afuera, principalmente las olas de largo periodo conocidas como “Swell”, ingresan a la bahía por su boca más ancha -Bocagrande, generando procesos erosivos en su área de influencia, especialmente en las playas de Tierra Bomba, Castillogrande y la Isla de Manzanillo. Sobre su incidencia en el régimen de corrientes, no se tienen documentados los efectos, ya que por la gran reflexión que se genera en el sector de Cuatro Calles se hace difícil su observación.

3.2.4.3 Régimen sedimentario

Como se mencionó anteriormente, la principal fuente de sedimentos en la Bahía de Cartagena la constituyen los aportes del Canal del Dique, con un caudal estacional estimado entre 55 y 300 $m^3 s^{-1}$. El canal transporta, en arrastre de fondo y en suspensión, una carga sedimentaria cercana a los 3´500.000 metros cúbicos anuales[32]-[3334]. Esta carga sedimentaria, de origen terrígeno, está representada principalmente por limos y arcillas, con un bajo porcentaje de arenas. Los sólidos en suspensión pueden superar, a la altura de Pasacaballos, los 1,000 mg l^{-1}, carga que al llegar a la boca, por el choque con el agua salobre de la Bahía, sufre un proceso importante de floculación y sedimentación en una parte, lo cual obliga a realizar un dragado periódico en la boca del canal[35].

El proceso de floculación que se presenta en la boca del canal, sumado al aporte de lodos gruesos y a la forma en que se ha dispuesto el material dragado en las diferentes campañas

30 LONIN, S. Óp. cit. p. 11.
31 LONIN, S. Óp. cit. p. 11.
32 Ibíd., p 6.
33 AGUILERA, María. Óp. cit. p.27
34 VIÑA-VIZCAINO, G. op.cit. p 26
35 LONIN, S. Óp. cit. p. 7.

de mantenimiento, ha generado un avance del sistema deltaico, el cual alcanza un poco más de dos kilómetros, conformado por los diques sedimentarios a ambos lados de su cauce y por una isla depósito o botadero (véase Figura 3-10).

Figura 3-10 Fotografía panorámica de la desembocadura del Canal del Dique en la Bahía de Cartagena



Nota: Obsérvese el avance del delta con la formación de los diques sedimentarios y una isla conformada por el material de dragado. En la parte inferior, se puede ver la piscina botadero. Fotografía facilitada por Alberto Iglesias - Carbones del Carare, 2006.

Otra fuente de material sedimentario, de origen terrígeno a la Bahía la constituyen las arenas, lodos y arcillas trasportadas por la escorrentía de las aguas lluvias, que erosionan los cerros y formaciones elevadas que la circundan, como es el caso del cerro Albornoz y la formación de la Popa, constituida por material arenoso, con algunas intercalaciones de arcillas y limonitas. La Popa, por la acción antrópica sobre sus laderas, ha sido sometida al retiro de la capa vegetal que protegía su suelo; por ello, es altamente friable y susceptible a la erosión superficial[36].

La dinámica costera es otra de las fuentes que aportan sedimentos a la Bahía de Cartagena. Por el paso de Bocagrande ingresan las arenas finas transportadas por la corriente de deriva litoral, generada por la acción del oleaje que baña y erosiona las playas y formaciones

[36] ARAUJO IBARRA. 2007.

costeras al norte de la Bahía. Estos aportes, de carácter histórico, han dado origen a las flechas sedimentarias de Castillo grande y del Laguito y, actualmente, son los responsables por el cierre de la boca del Laguito (véase Figura 3-11).

Figura 3-11 Esquema de la dinámica marina en el sector de Bocagrande



Fuente: Elaboración Unidad Desarrollo Energético & Ambiental, ARAUJO IBARRA & ASOC. S.A., 2007.

3.2.4.4 Fuentes de contaminación de la bahía.

La calidad del agua de la Bahía de Cartagena se ve afectada por una serie de factores naturales y antrópicos, que generan todo tipo de residuos sólidos y líquidos, contaminando el ecosistema y superando en ocasiones la capacidad de asimilación de este medio estuarino.

Dentro de los factores naturales se menciona a la misma Bahía, con la interacción primaria y secundaria entre sus componentes bióticos, físicos y químicos, que genera como resultado el aporte de contaminantes al ecosistema.

En mayor escala se encuentran los factores antrópicos, que generan diferentes fuentes de contaminación y están datados desde la época de la Colonia, cuando la ciudad adquirió su importancia como puerto.

La problemática ambiental de la Bahía condujo, durante las décadas de los 80 y 90, a que esta fuese uno de los ecosistemas más estudiados y evaluados desde el punto de vista de su calidad del agua, por instituciones como el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas – CIOH, la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique - CARDIQUE y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Cartagena - ACUACAR. Los resultados de estos estudios le permitieron a la CEPAL establecer las principales fuentes de contaminación de la Bahía, las cuales se relacionan a continuación según su orden decreciente en importancia:[37]

- Vertido de aguas servidas de la ciudad
- Aportes de sedimentos, nutrientes y otros contaminantes por el Canal del Dique
- Descargas de las industrias de Mamonal
- Operación de buques y terminales portuarios
- Escorrentías varias

Para tener una idea de la magnitud relativa de los aportes de contaminantes a la Bahía, por parte de las fuentes citadas, se adelantó una recolección de información secundaria de estas cargas, lo que permitió una mejor trazabilidad de los valores presentados (véase Tabla 3-7).

Tabla 3-7 Resumen de las cargas aportadas por las fuentes de contaminación de residuos líquidos a la Bahía de Cartagena, 1996-1997

CARGAS 1996 -1997					
Parámetros	Aguas servidas urbanas	Vertimiento industriales	Canal del Dique	Lixiviados de basureros	Total
Caudal, m^3/Día	60.525,00	1’364.111,00	8’640.000,00	833	10’065.469,00
DBO_5, t/día	16,2	6,04	9,5	0,26	32
Nitrógeno, t/día	0,73	3,73	2,5	0,073	7,03
Fósforo, t/día	0,44	0,17	0,4	0,001	1,01
Sólidos suspendidos, t/día	11,1	39,3	2.957,00	0,004	3.007,40
Aceites y Grasas, t/día	---	0,83	----	----	0,83

Fuente: GARAY, J.A., y GIRALDO, L.N. Influencia de los aportes de materia orgánica externa y autóctona en el decrecimiento de los niveles de Oxígeno disuelto en la Bahía de Cartagena. Bol. Cient. CIOH No. 18. Cartagena, 1997. p. 1 – 13.

37 CEPAL. 1993. En: CALIDAD AMBIENTAL. UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA Óp. cit. p. 69.

Vale destacar que ninguno de los estudios recopilados para los fines del presente estudio, dimensiona o cuantifica la eventual carga de contaminantes aportada por las operaciones marítimas y portuarias, así como tampoco cuando se cometen infracciones o se suceden accidentes como[38]:

- Vertido de agua de sentinas, lastre contaminado o eliminación en el medio marino de basuras por parte de los buques en puerto.
- Derrames de combustibles durante las operaciones de cargue o entrega.
- Siniestros marítimos que produzcan derrames de combustibles, como el que sufrió en el año 2005 el buque SAETTA que derramó aproximadamente 33 toneladas de fuel oil a la Bahía.
- Vertido de líquidos o sólidos varios por accidentes ocurridos sobre la placa portuaria, que caigan al mar o durante la transferencia de carga entre un buque y el muelle o viceversa.

Es de vital importancia que la autoridad ambiental competente, para el caso, CARDIQUE y la EPA-Cartagena adelanten las pesquisas necesarias y en función de estas, consoliden las estadísticas de estos vertidos accidentales, con la participación solidaria y responsable de los diferentes operadores portuarios, armadores y en general empresas y actores involucrados, para efectos de dar cumplimiento a lo dispuesto en el Decreto 321 de 1999, por medio del cual el Gobierno Nacional adoptó el Plan Nacional de Contingencias (PNC) contra derrames de Hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas en aguas marinas, fluviales y lacustres.

De igual forma, se considera importante que las autoridades competentes ejerzan una vigilancia más efectiva para la seguridad y la prevención de la contaminación por parte de los buques surtos en puerto, los terminales portuarios y las industrias, para evitar que se generen situaciones de riesgo que deriven en vertidos no deseados de contaminantes a la Bahía.

La ejecutoria de todos estos esfuerzos, sumados a la construcción del emisario submarino actualmente en curso por la administración de Cartagena a través de la empresa Aguas de Cartagena, permitirá en el mediano plazo, mejorar las condiciones ambientales de la Bahía de Cartagena y de su entorno.

No obstante los vacíos de información anotados, para tener una aproximación genera a la calidad de agua de la bahía que se registra hoy en día, se retoma a continuación el concepto de modelo de caja y se aplica la herramienta conocida como Ecomapa, sobre el mapa de la Bahía de Cartagena, relacionando las fuentes potenciales con las cargas de contaminantes aportadas (con base en los datos registrados previamente).

38 ARAUJO IBARRA. & Asociados S.A. Óp. cit. 2007.

Figura 3-12 Ecomapa identificando la carga diaria del Canal del Dique



Fuente: Fotografía tomada de Google Earth, modificada por los autores.

Figura 3-13 Ecomapa identificando los vertimientos de aguas servidas y su impacto en la calidad de agua de la Bahía de Cartagena



PARAMETRO	CARGAS 1997
CAUDAL TOTAL, M³/DÍA	60.525
DBO_5 T/DÍA	16,2
NITROGENO, T/DÍA	0,73
FOSFORO, T/DÍA	0,44
SOLIDOS SUSPENDIDOS, T/DÍA	11,1
ACEITES Y GRASAS, T/DÍA	–

Fuente: Fotografía tomada de Google Earth, modificada por los autores.

Figura 3-14 Ecomapa identificando la zona industrial y portuaria de Mamonal y su interacción con la calidad de agua de la Bahía de Cartagena



Parámetro	Cargas 1996**
Caudal Total, m³/día	1.364.132
DBO_5, t/día	6,04
Nitrógeno, t/día	3,73
Fósforo, t/día	0,17
Sólidos Suspendidos, t/día	39,3
Aceites y Grasas, t/día	0,83

* CAMARA DE COMERCIO DE CARTAGENA. 2006
* * Fuentes: CIOH (1996-1997), ACIACAR (1996) y CARDIQUE (1996)

Fuente: Fotografía tomada de Google Earth, modificada por los autores.

Figura 3-15 Ecomapa identificando la infraestructura portuaria y los posibles aspectos e impactos derivados de las operaciones portuarias



Fuente: Fotografía tomada de Google Earth, modificada por los autores.

3.2.5 Calidad del agua.

3.2.5.1 Bahía de Cartagena

Los resultados de los diferentes estudios realizados en las décadas de los 80 y 90, sobre la calidad de agua de la bahía de Cartagena, permiten evidenciar su alto grado de deterioro, principalmente en sus condiciones sanitarias, al registrar niveles de coliformes fecales que varían entre 22 y 600.000 NPM/100 ml, los cuales sobrepasan en ampliamente los máximos establecidos por el Decreto 1594 de 1984, para contacto primario, en las cuales tan sólo se permite 200 NMP/100ml para coliformes fecales y 1.000 NMP/100 ml para coliformes totales. Esto es debido a que todavía a la Bahía se descarga el 40% de las aguas residuales domésticas de la ciudad, estimada en 60.525 m^2/día [39]

Los máximos niveles de coliformes totales se registran durante los periodos de lluvias, particularmente por la disminución de la salinidad de las aguas de la bahía, que inhibe la acción bactericida del agua de mar, registrándose los mayores valores en sectores como El Laguito y Castillo Grande, con niveles que superan los niveles límites máximos permisibles de 1.000 NMP/100 ml presentes en aguas para baño y de 5.000 NMP/100 ml en aguas para deportes náuticos, establecidos en el Decreto 1594/84[40].

Otro de los parámetros en que se evidencia el grado de contaminación de la Bahía es la concentración de Oxígeno disuelto, al presentarse una anoxia extendida en la capa de agua de fondo, principalmente en las zonas mas cercanas a la denominada bahía interior, la cual es difícil de superar naturalmente, debido a las características geomorfológicas y dinámicas de este cuerpo de agua.

Los registros reportan que para el periodo de lluvias, la concentración de Oxígeno alcanza los mínimos de 0,0 a 2,0 ml/l, sin superar los 4 ml/l durante las otras épocas del año. Estos valores tan bajos están asociados a la carga de nutrientes que recibe diariamente la Bahía a través de la descarga del Canal del Dique los vertimientos industriales, y al 40% de las aguas residuales domésticas de la ciudad, registrándose concentraciones de amonio que varían entre 1,0 - 15 µg.at/l para la época seca, entre 7,0 y 12,0 µg.at/l para la época de transición y entre 3,0 y 80 µg.at/l para la época de invierno. Estos valores están muy por encima de los valores normales para agua de mar, los cuales varían entre 0 y 3,0 µg.at/l. [41]

La carga abundante de nutrientes y materia orgánica a la Bahía también favorece el crecimiento excesivo y rápido del fitoplancton y de algas mayores, que hacen que se

[39] CARDIQUE. Plan de Gestión Ambiental Regional 2002 – 2012. Cartagena: CARDIQUE, 2002, p. 28.
[40] CEPAL. 1993. En: CALIDAD AMBIENTAL. UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA.
[41] GARAY, J.A., y GIRALDO, L.N.p. 6.

presenten, de la misma forma, caídas súbitas de Oxígeno, generando episodios de eutroficación.

La anterior situación de deterioro de la calidad de agua de la Bahía también se ve reflejada en los registros de la demanda bental de Oxígeno[42], reportada para la bahía interior en 10,65 gramos de Oxígeno/m^2día; para la zona de influencia de la descarga del Canal del Dique se ha reportado entre 1 y 2 gramos de Oxígeno/m^2.día, valores estos que se consideran normales en ambientes estuarinos. [43]

Otra de las cargas contaminantes importantes a la Bahía la constituyen los hidrocarburos aportados por los vertimientos industriales y los no cuantificadas de las actividades marítimas y portuarias, reportándose concentraciones de Hidrocarburos Dispersos Disueltos en el Agua HDD, que varían entre 1-100 µg/l durante la época seca, entre 1-50 µg/l durante la época de transición y entre 0,5 - 10 µg/l durante la época lluviosa. Las más altas concentraciones se presentan durante la época seca y la de transición, cuyos valores, en la mayor parte de las estaciones estudiadas, están por encima de la norma internacional de UNESCO para aguas superficiales no contaminadas, cuyo valor máximo es de 10 µg/l.[44]-[45]

Para tener una idea de la actual calidad del agua de la bahía se presentan los resultados de muestreos realizados por el INVEMAR en las temporadas de transición, invierno y verano, en los meses de agosto, noviembre de 2007 y marzo de 2008.

Monitoreo de calidad de agua realizado por INVEMAR en agosto y noviembre de 2007 y en marzo de 2008.

Con el propósito de contar con una información actualizada y confiable de las condiciones ambientales de la Bahía de Cartagena, el Proyecto contrató en conjunto con otros actores de la Zona Industrial de Mamonal, los servicios del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andreís" – INVEMAR, para realizar un monitoreo ambiental, el cual incluyó un componente fisicoquímico (calidad de aguas y sedimentos) y uno biológico (comunidades de fondos blandos, peces y zooplancton), desarrollados en una grilla de 11 estaciones definidas en función del patrón de comportamiento de las corrientes

[42] Demanda bental de Oxígeno: consumo del Oxígeno disuelto en el agua por la descomposición de la materia orgánica depositada en el fondo del cuerpo de agua.
[43] CALIDAD AMBIENTAL. UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA Óp. cit. p. 71.
[44] UNESCO. Guía de Procedimientos Operacionales para el Proyecto Experimental de Vigilancia de la Contaminación del Mar (petróleo), como parte de IGOSS. Manuales y Guías No. 7 y 13 COI/OMM. 1976.
[45] CORTES. 1987. En MOLARES, R. Componente Oceanográfica. Caracterización Físico Química de la Bahía de Cartagena. 2006.

de la Bahía de Cartagena y considerando el efecto de este en los patrones de dispersión de contaminantes desde el sector de interés en el corredor industrial de Mamonal, que incluye la zona de influencia del sistema de vertimiento de la Refinería de Cartagena S.A.

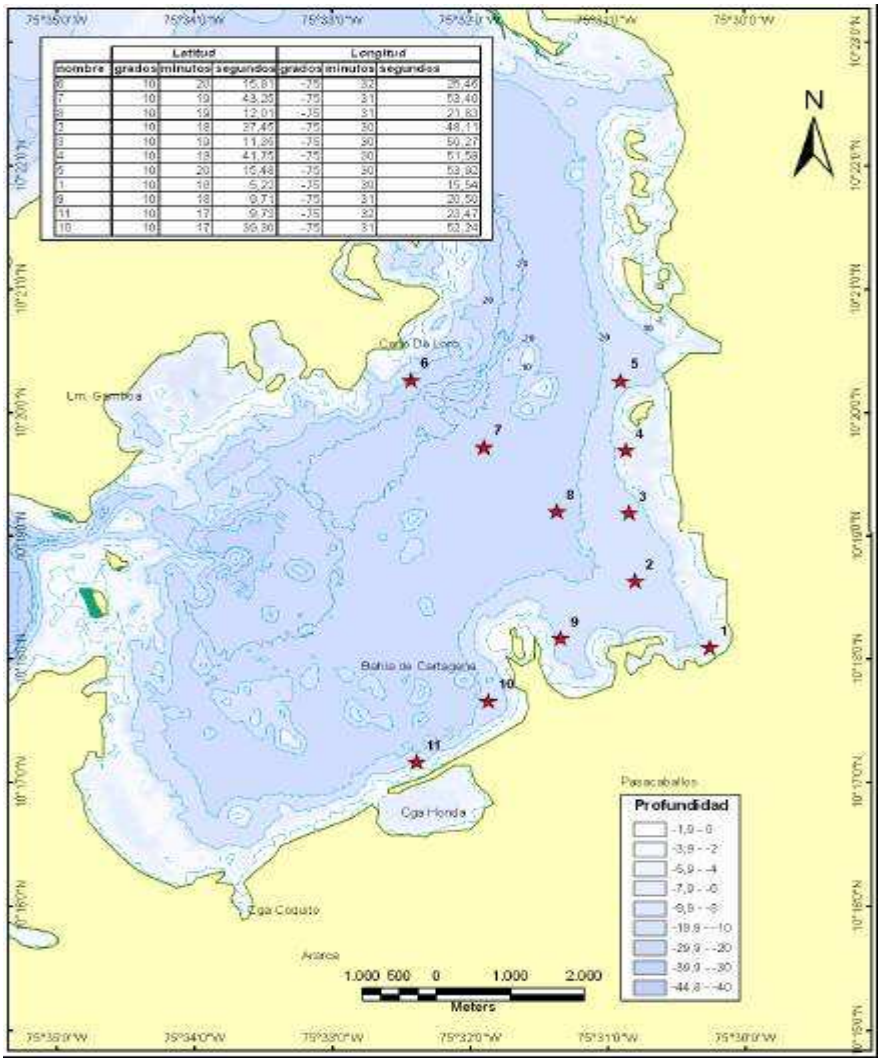
Los monitoreos se realizaron en tres periodos climáticos (transición a invierno, época lluviosa y época seca), en la red de 11 estaciones mencionadas, las cuales fueron distribuidas a lo largo de tres radiales a partir de la zona de interés conforme se registra en la Tabla 3-8 y la Figura 3-16 siguientes.

Tabla 3-8 Localización geográfica y profundidad de las estaciones de muestreo INVEMAR en la Bahía de Cartagena

Estación	Longitud Oeste	Latitud Norte	Profundidad (m)
E1	75°30'15,54"	10°18'05,22"	4,50
E2	75°30'48,11"	10°18'37,45"	16,5
E3	75°30'50,27"	10°19'11,35"	12,5
E4	75°30'51,59"	10°19'41,75"	7,70
E5	75°30'53,92"	10°20'15,48"	14,5
E6	75°32'25,46"	10°20'15,81"	26,9
E7	75°31'53,40"	10°19'43,25"	26,3
E8	75°31'21,83"	10°19'12,01"	20,8
E9	75°31'20,50"	10°18'09,71"	15,7
E10	75°31'52,24"	10°17'39,30"	16,0
E11	75°32'23,47"	10°17'09,73"	11,6

Las coordenadas se dan en el sistema de referencia Magna.

Figura 3-16 Ubicación de las estaciones de monitoreo del INVEMAR para el monitoreo de la calidad ambiental en una grilla de 11 estaciones en la Bahía de Cartagena



En esta sección se presentan los resultados de los tres muestreos de calidad para el componente agua realizado por INVEMAR entre el 2 y el 5 de agosto de 2007, periodo correspondiente a la época climática de transición, entre el 20 y el 23 de noviembre de 2007, periodo correspondiente a la época lluviosa y entre el 27 y el 30 de marzo de 2008, periodo correspondiente a la época seca, en donde se midieron in situ parámetros como profundidad, transparencia, temperatura, conductividad, salinidad, pH, Oxígeno disuelto y nivel de saturación de Oxígeno, adelantando la toma de muestras en tres niveles de la columna de agua para todas las estaciones (superficie, media agua y fondo).

Así mismo, se tomó una muestra compuesta superficie-media agua y fondo en todas las estaciones, por medio de una botella oceanográfica tipo Niskin, las cuales fueron preservadas en refrigeración según las recomendaciones del *Standard Methods*[46] y transportadas bajo cadena custodia a INVEMAR, con el fin de realizar los análisis químicos en laboratorio: de parámetros como color, sólidos suspendidos totales (SST), sólidos sedimentables (SS), sólidos totales (ST), turbidez, DBO_5, DQO, nitritos, nitratos, Nitrógeno amoniacal, grasas y aceites, hidrocarburos totales (cromatografía), cianuros totales, cianuro libre y cianatos.

En la Tabla 3-9 siguiente se presentan los métodos analíticos utilizados para el caso.

Tabla 3-9 Parámetros y métodos de análisis de la calidad de agua en la Bahía de Cartagena

Parámetro	Método de análisis
Transparencia	Lectura directa Disco Secchi.
Turbidez	Medición con turbidímetro HORIBA (*Standard Methods* N° 2130-B).
Color	Escala comparativa de color Merck.
Temperatura	Medición electrométrica con electrodo de sonda portátil WTW pH-315i (*Standard Methods* Nº 4500-H).
Conductividad	Medición electrométrica de la conductividad con electrodo acoplado a sonda YSI 30M.
Cianuro total	Método fotométrico (*Standard Methods* Nº 4500-CN^- C).
Cianuro libre	Método fotométrico (*Standard Methods* Nº 4500-CN^- E).
Cianatos	Método de nesslerización y electrodo selectivo NH_3 (Método fotométrico (*Standard Methods* Nº 4500-CN^- L).
DBO_5	Incubación durante 5 días a 20 °C (*Standard Methods* 5210-B).
DQO	Método con la determinación de MO por digestión con $KMnO_4$ en medio básico según INVEMAR (Garay *et al.*, 2.003).
Sólidos suspendidos totales	Filtración en membrana fibra de vidrio-evaporación 103-105°C, gravimetría *Standard Methods* N° 2540-C).
Sólidos totales	Secado a 103 °C / Gravimetría a 103 -105°C (*Standard Methods* N° 2540-B).
Sólidos sedimentables	Filtración en membrana de fibra de vidrio/ Gravimetría a 103°C (*Standard. Methods* N° 2540-D).
pH	Medición electrométrica con electrodo combinado a sonda portátil WTW pH-315i (Standard Methods N° 4500-H).
Nitratos	Reducción con Cadmio y reacción por sulfanilamida (Garay *et al.*, 2.003).
Nitrito	Reacción por sulfanilamida (Garay *et al.*, 2003).
Nitrógeno amoniacal	Azul de indofenol (Garay *et al.*, 2.003).
Aceites y grasas	Gravimetría (Striklan y Parsons, 1.978).
Hidrocarburos totales	Extracción líquido-líquido con hexano / fraccionamiento en columna de alúmina / determinación fluorométrica y cromatografía (UNESCO/COI, 1982; Garay *et al*., 2003).

[46] GREENBERG, A., L. CLESCERI y A.D. EATON. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. Washington, D.C.: 1998. 1230 páginas. APHA/AWWA/WEF. 21st ed. Washington, D.C.: 2005.

A continuación se presentan los resultados de las mediciones (Tabla 3-10 a la Tabla 3-17 y la Tabla 3-19), seguido de una síntesis de los 3 periodos (Tabla 3-20):

Tabla 3-10 Resultados de los parámetros fisicoquímicas de calidad del agua de la Bahía de Cartagena medidos in situ (época de transición)

Variables	Unidad	Nivel	Estaciones										
			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Profundidad	M	Fondo	4,5	16,5	12,5	7,7	14,5	26,9	26,3	20,8	15,7	16,0	11,6
Transparencia	M	Superficie	0,80	1,00	0,54	0,60	0,55	0,40	0,50	0,25	0,70	2,20	3,00
Temperatura	°C	Superficie	31,5	32,2	31,0	32,4	30,1	30,4	31,2	30,4	30,6	31,1	31,5
		Medio	31,2	29,5	29,8	31,1	29,4	29,1	29,1	29,2	29,6	29,5	30,6
		Fondo	30,9	29,8	29,1	30,4	28,8	28,6	28,8	28,9	28,5	29,5	30,0
Conductividad	mS/cm.	Superficie	29,9	39,2	29,6	26,8	33,7	34,7	43,1	36,4	41,3	46,0	44,0
		Medio	40,9	52,4	51,2	48,2	50,5	52,7	53,3	52,5	51,5	52,4	50,7
		Fondo	48,2	53,3	53,3	51,5	53,6	53,1	53,6	53,5	53,1	52,8	52,2
Salinidad	ups o ‰	Superficie	18,7	25,2	18,5	16,6	21,2	22,0	27,9	23,1	26,7	30,0	28,7
		Medio	26,4	34,7	33,8	31,6	33,3	34,9	35,3	34,8	34,1	34,7	33,5
		Fondo	31,7	35,4	35,3	34,1	35,3	35,2	35,5	35,5	35,2	34,9	34,4
pH	unidades	Superficie	8,23	8,21	7,97	8,26	7,97	8,07	8,06	8,00	7,97	8,05	8,05
		Medio	7,97	7,98	7,90	7,95	7,91	7,91	7,87	7,88	7,32	7,99	7,95
		Fondo	7,85	7,87	7,92	7,88	7,71	7,67	7,62	7,77	7,92	7,96	7,96
Oxígeno disuelto	mg/l	Superficie	8,30	6,87	5,76	7,85	5,31	4,25	3,86	4,90	4,67	4,56	5,05
		Medio	5,70	6,87	3,24	4,16	3,54	3,04	2,89	4,28	3,72	4,01	4,34
		Fondo	3,46	3,26	3,85	3,36	3,66	1,86	0,92	2,40	2,38	4,96	4,36
Saturación de Oxígeno	%	Superficie	109,0	93,5	76,7	107,2	70,7	56,9	52,8	65,2	62,7	61,3	68,0
		Medio	76,6	93,5	42,6	51,5	46,2	40,1	34,4	55,4	48,5	52,4	57,8
		Fondo	46,0	43,1	49,9	44,9	47,5	23,2	11,5	30,8	31,5	61,4	57,1

Tabla 3-11 Resultados cuantitativos de laboratorio de los parámetros fisicoquímicos de las muestras compuestas de agua de la Bahía de Cartagena (época de transición)

Parámetro	Unidad	Estación										
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Color	U/Hazen	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0
SST	mg/l	36,3	23,5	38,0	27,2	45,3	24,0	32,7	36,3	34,9	42,4	29,5
Sólidos sedimentables	mg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Sólidos totales	mg/l	36.636	39.688	38.548	35.914	36.224	36.968	40.700	37.786	41.974	38.476	41.152
Turbidez	NTU	16	15	10	23	20	27	32	19	13	10	6
DBO_5	mg/l	0,84	2,31	0,89	1,65	1,01	0,16	0,34	0,61	0,56	1,18	0,89
DQO	mg/l	10,624	10,408	10,868	9,144	1,926	0,153	13,097	7,191	5,623	9,246	2,188
DQO/DBO_5 (*)		12,6	4,5	12,2	5,5	1,9	1,0	38,5	11,8	10,0	7,8	2,5
Nitritos	µg/l N-NO_2	88,6	21,2	46,2	57,9	38,6	6,3	<0,3	19,6	28,1	36,4	21,1
Nitratos	µg/l N-NO_3	3.437,7	246,5	532,9	215,3	373,3	330,0	378,2	301,5	296,4	133,3	196,9
Nitrógeno proveniente de nitritos y nitratos (*)	µg/l N	803,2	62,1	134,4	66,2	96,0	76,4	85,5	74,0	75,5	41,2	50,9
Nitrógeno amoniacal	µg/l N-NH_4	1.187,0	31,9	37,6	35,6	53,9	5,4	7,2	<1,4	15,1	7,4	22,1
Nitrógeno proveniente de amonio/Amoníaco, nitritos y nitratos (*)	µg/l N	1780,7	88,4	165,4	95,6	140,4	80,9	91,4	75,2	87,9	47,3	69,1
Grasas y aceites	mg/l	9,09	10,09	50,00	7,50	6,36	8,18	10,00	8,50	5,22	80,70	10,00

Hidrocarburos dispersos y disueltos (HDD/HAT)	µg/l	2,685	3,915	2,796	3,206	3,251	3,057	4,583	1,244	1,430	2,621	2,157
Cianuros totales	µg/l	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Cianuro libre	µg/l	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Cianatos	µg/l	<100	<100	<100	<100	<100	660	300	<100	<100	510	1050

(*) Cálculos realizados por Araújo Ibarra & Asociados SA.

Tabla 3-12 Resultados de los parámetros fisicoquímicas de calidad del agua de la Bahía de Cartagena medidos in situ (época lluviosa)

Variables	Unidad	Nivel	Estaciones										
			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Profundidad	m	Fondo	3,6	16,0	13,0	8,1	14,1	27,1	26,4	20,8	16,1	16,3	10,8
Transparencia	m	Superficie	1,61	1,87	1,68	1,00	1,61	0,91	0,80	0,87	1,88	1,54	2,81
Temperatura	°C	Superficie	29,9	29,6	29,0	30,0	29,4	29,5	29,5	29,6	29,8	30,1	29,8
		Medio	30,1	29,3	28,9	29,7	28,9	29,2	29,3	29,1	29,2	29,6	29,1
		Fondo	30,6	29,3	28,9	30,1	28,6	29,1	29,5	29,4	29,4	29,8	28,9
Conductividad	mS/cm.	Superficie	52,3	52,2	42,7	49,9	49,8	52,0	50,1	50,7	52,1	48,5	50,0
		Medio	52,6	54,6	53,9	54,6	53,1	55,4	56,2	55,5	55,0	55,0	53,4
		Fondo	54,1	54,5	52,8	54,6	53,2	53,6	57,7	56,0	59,5	55,8	52,0
Salinidad	ups o ‰	Superficie	31,0	31,1	25,2	29,3	29,6	31,0	29,8	30,1	30,9	28,6	29,6
		Medio	31,1	33,0	32,8	30,7	32,0	33,6	34,0	33,7	33,3	33,0	32,3
		Fondo	31,2	32,9	32,1	32,4	32,5	34,3	35,0	33,9	33,8	33,4	31,5
pH	unidades	Superficie	7,97	8,05	7,98	8,01	8,00	8,04	8,11	8,02	8,50	8,07	8,05
		Medio	7,98	8,11	8,01	7,98	7,93	7,99	8,08	8,00	8,07	8,08	8,09
		Fondo	7,95	8,05	7,97	7,95	7,90	7,65	7,75	7,82	8,00	8,02	8,10
Oxígeno disuelto	mg/l	Superficie	2,78	3,67	5,35	4,50	5,73	4,58	4,89	4,11	4,40	4,24	3,58
		Medio	2,96	4,08	4,28	4,24	4,10	3,84	4,55	4,06	4,32	4,13	3,92
		Fondo	2,65	3,75	4,31	4,00	4,81	0,55	0,52	2,82	2,73	3,85	3,94
Saturación de Oxígeno	%	Superficie	36,2	48,1	62,0	54,4	76,2	59,8	65,0	54,9	55,3	57,4	45,2
		Medio	38,0	56,2	54,2	55,6	53,7	50,5	58,0	51,8	61,0	54,2	50,1
		Fondo	35,2	48,6	56,8	52,5	62,1	7,7	7,5	39,4	34,5	49,5	50,8

Tabla 3-13 Resultados cuantitativos de laboratorio de los parámetros fisicoquímicos de las muestras compuestas de agua de la Bahía de Cartagena (época lluviosa)

Parámetro	Unidad	Estación										
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Color	U/Hazen	0	0	0	1	0	0	5	0	0	1	1
SST	mg/l	54,0	24,3	39,2	28,7	28,6	33,9	31,0	101,7	29,1	34,2	18,3
Sólidos sedimentables	mg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Sólidos totales	mg/l	44.504	44.972	41.076	38.096	45.904	40.456	54.256	37.776	41.200	39.272	43.832
Turbidez	NTU	30	18	69	31	10	9	20	282	15	13	7
DBO_5	mg/l	0,67	3,86	4,82	7,06	4,68	8,38	4,81	6,43	6,62	4,86	3,98
DQO	mg/l	1,45	8,88	11,09	15,17	10,76	18,01	10,59	13,49	14,24	10,20	8,74
DQO/DBO_5 (*)		2,2	2,3	2,3	2,1	2,3	2,1	2,2	2,1	2,2	2,1	2,2
Nitritos	µg/l $N-NO_2$	26,5	12,7	13,0	21,5	10,3	7,1	2,9	3,4	7,8	6,7	7,3
Nitratos	µg/l $N-NO_3$	170,2	47,1	118,2	167,7	36,3	44,2	85,4	41,8	58,8	23,0	14,1
Nitrógeno proveniente de nitritos y nitratos (*)	µg/l N	46,5	14,5	30,6	44,4	11,3	12,1	20,2	10,5	15,7	7,2	5,4
Nitrógeno amoniacal	µg/l $N-NH_4$	140,8	3,8	93,7	153,0	17,5	22,5	20,5	8,6	32,1	18,7	13,7
Nitrógeno proveniente de amonio/Amoníaco, nitritos y nitratos (*)	µg/l N	162,5	17,6	107,8	170,4	25,7	30,7	37,0	17,6	42,1	22,6	16,7
Grasas y aceites	mg/l	123,33	28,46	70,00	48,82	98,70	80,91	29,22	50,00	107,65	30,00	71,63

Hidrocarburos dispersos y disueltos (HDD/HAT)	µg/l	2,34	1,62	0,60	1,81	0,35	0,44	0,24	0,21	0,25	0,20	0,84
Cianuros totales	µg/l	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Cianuro libre	µg/l	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Cianatos	µg/l	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100

(*) Cálculos realizados por Araújo Ibarra & Asociados SA.

Tabla 3-14 Resultados cuantitativos de laboratorio de los hidrocarburos en muestras compuestas de agua de la Bahía de Cartagena (época lluviosa)

Parámetro	Unidad	Estación										
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Aromáticos totales (HAT)	µg/l	2,34	1,62	0,60	1,81	0,35	0,44	0,24	0,21	0,25	0,20	0,84
∑ alifáticos resueltos	µg/l	2,39	<1,35	1,52	4,39	2,75	<1,35	2,21	1,95	3,50	1,84	1,72
UCM	µg/l	23,5	7,6	5,7	19,6	8,1	5,9	7,3	5,4	5,0	5,8	9,0
UCM/∑ n-alcanos resueltos (*)		11,6	13,8	2,3	49,0	12,1	1,1	15,2	8,6	6,4	4,6	20,9
∑ n-alcanos resueltos	µg/l	<0,40	<0,40	<0,40	2,42	<0,40	<0,40	0,44	<0,40	<0,40	<0,40	0,58
Alifáticos totales	µg/l	25,91	7,61	7,18	24,02	10,87	5,87	9,53	7,37	8,52	7,62	10,70
Hidrocarburos totales	µg/l	28,25	9,24	7,79	25,83	11,22	6,31	9,77	7,57	8,77	7,82	11,54

(*) Cálculos realizados por Araújo Ibarra & Asociados SA.

Tabla 3-15 Resultados de los parámetros fisicoquímicas de calidad del agua de la Bahía de Cartagena medidos in situ (época seca)

Variables	Unidad	Nivel	Estaciones										
			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Profundidad	m	Fondo	5,5	16,0	12,5	7,5	13,5	27,0	26,0	22,0	15,9	16,0	11,6
Transparencia	m	Superficie	1,17	1,18	1,20	0,86	1,14	0,57	0,67	0,79	1,17	1,19	1,40
Temperatura	°C	Superficie	33,2	37,9	35,5	34,5	35,4	36,2	35,7	35,7	35,4	35,7	35,5
		Medio	32,5	34,6	34,5	31,2	34,8	35,8	35,7	35,5	35,1	35,4	34,8
		Fondo	29,7	27,1	28,2	19,7	29,1	28,1	26,3	26,5	28,8	24,3	25,0
Conductividad	mS/cm.	Superficie	44,4	41,2	43,0	30,7	44,1	45,9	43,5	40,6	44,9	37,5	38,5
		Medio	48,6	51,6	51,6	47,0	51,9	56,2	56,4	52,9	52,3	52,8	52,0
		Fondo	49,4	51,9	53,0	51,4	56,6	56,3	56,6	53,2	52,7	53,3	53,0
Salinidad	ups o ‰	Superficie	29,7	27,1	28,2	19,7	29,1	28,1	26,3	26,5	28,8	24,3	25,0
		Medio	32,5	34,6	34,5	31,2	34,8	35,8	35,7	35,5	35,1	35,4	34,8
		Fondo	33,2	37,9	35,5	34,5	35,4	36,2	35,7	35,7	35,4	35,7	35,5
pH	unidades	Superficie	8,08	7,97	8,05	7,82	7,84	7,88	7,86	8,05	8,03	7,95	8,18
		Medio	8,18	8,10	8,12	8,06	7,93	7,93	7,93	8,11	8,07	8,11	8,14
		Fondo	8,22	8,35	8,27	8,18	8,19	8,12	8,12	8,29	8,24	8,28	8,31
Oxígeno disuelto	mg/l	Superficie	6,85	6,65	5,79	6,35	6,20	5,86	5,30	5,45	6,25	5,39	5,40
		Medio	5,67	4,35	4,55	5,85	3,71	4,11	3,98	4,40	3,62	4,07	4,21
		Fondo	4,72	3,22	3,35	4,45	3,60	4,30	3,71	3,54	3,99	2,41	3,70
Saturación de Oxígeno	%	Superficie	91,5	87,0	74,5	85,1	80,4	74,5	67,5	71,3	81,2	68,8	69,1
		Medio	77,3	55,8	57,5	75,9	47,2	51,6	50,4	50,9	46,4	51,5	53,2
		Fondo	61,8	41,5	42,3	57,4	46,0	54,3	47,1	44,7	51,0	30,2	46,6

Tabla 3-16 Resultados cuantitativos de laboratorio de los parámetros fisicoquímicos de las muestras compuestas de agua de la Bahía de Cartagena (época seca)

Parámetro	Unidad	Estación										
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Color	U/Hazen	6	2	2	5	1	8	7	3	4	6	3
SST	mg/l	9,9	9,1	7,7	14,2	8,8	8,9	12,3	10,0	11,6	11,6	7,4
Sólidos sedimentables	mg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Sólidos totales	mg/l	35.500	35.100	35.250	34.050	36.750	36.650	35.425	35.800	36.375	35.475	35.425
Turbidez	NTU	5	14	8	40	14	30	47	28	22	32	18
DBO_5	mg/l	1,86	1,38	1,09	3,21	3,04	3,00	3,22	0,37	2,60	2,61	3,41
DQO	mg/l	4,0	3,6	2,7	3,5	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	1,3	2,9
DQO/DBO_5 (*)												
Nitritos	µg/l $N\text{-}NO_2$	28,2	33,2	11,5	11,8	11,1	10,4	8,4	31,0	4,0	11,0	14,9
Nitratos	µg/l $N\text{-}NO_3$	45,9	30,7	46,1	18,9	38,3	21,6	< 0,3	< 0,3	87,7	59,3	<0,3
Nitrógeno proveniente de nitritos y nitratos (*)	µg/l N	18,9	17,0	13,9	7,9	12,0	8,1	2,6	9,5	21,0	16,7	4,6
Nitrógeno amoniacal	µg/l $N\text{-}NH_4$	<1,4	4,6	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	<1,4	45,6
Nitrógeno proveniente de amonio/Amoníaco, nitritos y nitratos (*)	µg/l N	20,1	20,8	15,1	9,0	13,2	9,2	3,8	10,7	22,2	17,9	42,1
Grasas y aceites	mg/l	0,57	0,54	0,62	0,47	0,25	0,74	1,13	0,38	0,35	0,14	0,07
Hidrocarburos dispersos y disueltos (HDD/HAT)	µg/l	1,45	0,72	1,97	0,51	0,40	0,77	1,05	1,21	0,42	0,40	0,36
Cianuros totales	µg/l	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Cianuro libre	µg/l	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Cianatos	µg/l	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100

(*) Cálculos realizados por Araújo Ibarra & Asociados SA.

Tabla 3-17 Resultados cuantitativos de laboratorio de los hidrocarburos en muestras compuestas de agua de la Bahía de Cartagena (época seca)

Parámetro	Unidad	Estación										
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Aromáticos totales (HAT)	µg/l	1,45	0,72	1,97	0,51	0,40	0,77	1,05	1,21	0,42	0,40	0,36
∑ alifáticos resueltos	µg/l	8,01	3,69	11,93	3,65	1,76	7,30	2,51	1,92	1,45	2,25	<LD
UCM	µg/l	10,54	7,14	18,14	6,73	3,94	6,11	4,40	12,69	3,40	3,69	2,48
UCM/∑ n-alcanos resueltos (*)		5,2	13,0	7,3	16,8	5,9	1,2	9,2	20,1	4,4	2,9	5,8
∑ n-alcanos resueltos	µg/l	2,02	0,55	2,48	<0,4	0,67	5,19	0,48	0,63	0,78	1,27	0,43
Alifáticos totales	µg/l	18,55	10,83	30,07	10,38	5,70	13,42	6,91	14,62	4,85	5,94	2,48
Hidrocarburos totales	µg/l	20,00	11,55	32,04	10,89	6,10	14,19	7,96	15,83	5,27	6,34	2,84

(*) Cálculos realizados por Araújo Ibarra & Asociados SA.

Adicionalmente, se puede estimar en cada estación la proporción de Nitrógeno amoniacal que se encuentra bajo forma no ionizada (Amoníaco libre), en equilibrio con el amonio en las muestras compuestas, en función del pH y de la temperatura medidos en la Bahía (con base a los datos para agua dulce de la Tabla 3-18), aunque se esperarían proporciones de Amoníaco menores en agua de mar (aproximadamente 2 puntos).

Tabla 3-18 Porcentaje del Nitrógeno amoniacal presente como Amoníaco no ionizado (NH_3) en agua dulce en el rango de pH y de temperatura de la Bahía de Cartagena (capa intermedia)

Temperatura (°C)	pH				
	7,2	7,4	7,8	8,0	8,2
28	1,10%	1,73%	4,23%	6,54%	9,98%
30	1,26%	1,98%	4,82%	7,43%	11,29%

Fuente: EMERSON, K., RUSSO R.C., LUND R.E. y TH*URS*TON R.V. Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. En: Journal of the Fisheries Research Board of Canada. 32:2379-2383 (1975).

Tabla 3-19 Concentración estimada de Amoníaco no ionizado en la Bahía de Cartagena

		Estaciones										
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
1ª campaña	% estimado de Amoníaco (no ionizado)	6,28%	6,35%	5,43%	6,05%	5,54%	5,53%	5,06%	5,18%	1,49%	6,47%	6,03%
	Concentración estimada de Amoníaco (µg/l N-NH_3)	74,6	2,0	2,0	2,2	3,0	0,3	0,4	0,1	0,2	0,5	1,3
2ª campaña	% estimado de Amoníaco (no ionizado)	6,37%	8,48%	6,74%	6,36%	5,76%	6,46%	7,96%	6,57%	7,79%	7,97%	8,13%
	Concentración estimada de Amoníaco (µg/l N-NH_3)	9,0	0,3	6,3	9,7	1,0	1,5	1,6	<0,6	2,5	1,5	1,1
3ª campaña	% estimado de Amoníaco (no ionizado)	12,49%	11,89%	12,32%	9,20%	5,73%	5,73%	5,73%	12,64%	11,43%	12,58%	12,97%
	Concentración estimada de Amoníaco (µg/l N-NH_3)	<0,2	0,5	<0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	<0,2	<0,2	5,9

Fuente: Cálculos realizados por Araújo Ibarra & Asociados S.A. Se pueden esperar proporciones de Amoníaco no disociado menores en la Bahía (agua salada), del orden de 2 puntos.

Los resultados de las mediciones de parámetros de calidad del agua se presentan en forma sintética a continuación.

Tabla 3-20 Síntesis de los tres monitoreos de calidad del agua del INVEMAR en 11 estaciones de la Bahía de Cartagena

Variables	Unidad	Nivel	Época	Variación entre estaciones																	Variación entre épocas		
				Mín.	Máx.	Prom.	Desv. estándar	Coef. de variación	Clasificación de las estaciones del mayor valor a menor												T → L	L → S	T → S
Profundidad	m	F	T	4,5	26,9	15,7	6,9	44,2%	E6	E7	E8	E2	E10	E9	E5	E3	E11	E4	E1				
			L	3,6	27,1	15,1	7,3	48,5%	E6	E7	E8	E10	E9	E5	E3	E11	E2	E4	E1		-3,9%	4,3%	0,3%
			S	5,5	27,0	15,8	6,9	43,8%	E6	E7	E8	E10	E2	E9	E5	E3	E11	E4	E1				
Transparencia	m	S	T	0,25	3,00	0,96	0,85	89,2%	E11	E10	E2	E1	E9	E4	E5	E3	E7	E6	E8				
			L	0,80	2,81	1,51	0,59	39,5%	E11	E9	E2	E3	E1	E5	E10	E4	E6	E8	E7		57,3%	-31,6%	7,6%
			S	0,57	1,40	1,03	0,26	25,5%	E11	E3	E10	E2	E9	E1	E5	E4	E8	E7	E6				
Temperatura	°C	S	T	30,1	32,4	31,1	0,7	2,4%	E4	E2	E11	E1	E7	E10	E3	E9	E8	E6	E5				
			L	29,0	30,1	29,7	0,3	1,0%	E10	E4	E1	E11	E9	E2	E8	E7	E6	E5	E3		-4,7%	19,8%	14,1%
			S	33,2	37,9	35,5	1,1	3,2%	E2	E6	E10	E7	E8	E11	E3	E9	E5	E4	E1				
		M	T	29,1	31,2	29,8	0,8	2,6%	E1	E4	E11	E3	E9	E2	E10	E5	E8	E7	E6				
			L	28,9	30,1	29,3	0,4	1,2%	E1	E4	E10	E2	E7	E9	E6	E11	E8	E5	E3		-1,7%	17,8%	15,8%
			S	31,2	35,8	34,5	1,4	4,1%	E6	E7	E8	E10	E9	E11	E5	E2	E3	E1	E4				
		F	T	28,5	30,9	29,4	0,8	2,7%	E1	E4	E11	E2	E10	E3	E8	E5	E7	E6	E9				
			L	28,6	30,6	29,4	0,6	2,0%	E1	E4	E10	E7	E9	E8	E2	E6	E11	E3	E5		0,1%	-9,5%	-9,4%
			S	19,7	29,7	26,6	2,9	10,7%	E1	E5	E9	E3	E6	E2	E8	E7	E11	E10	E4				
Conductividad	mS/cm.	S	T	26,8	46,0	36,8	6,4	17,5%	E10	E11	E7	E9	E2	E8	E6	E5	E1	E3	E4				
			L	42,7	52,3	50,0	2,7	5,5%	E1	E2	E9	E6	E8	E7	E11	E4	E5	E10	E3		36,0%	-17,4%	12,3%
			S	30,7	45,9	41,3	4,4	10,7%	E6	E9	E1	E5	E7	E3	E2	E8	E11	E10	E4				
		M	T	40,9	53,3	50,6	3,5	6,9%	E7	E6	E8	E10	E2	E9	E3	E11	E5	E4	E1				
			L	52,6	56,2	54,5	1,1	2,0%	E7	E8	E6	E9	E10	E2	E4	E3	E11	E5	E1		7,7%	-4,3%	3,1%
			S	47,0	56,4	52,1	2,7	5,3%	E7	E6	E8	E10	E9	E11	E5	E3	E2	E1	E4				
		F	T	48,2	53,6	52,6	1,6	3,0%	E7	E5	E8	E2	E3	E6	E9	E10	E11	E4	E1				
			L	52,0	59,5	54,9	2,2	4,0%	E9	E7	E8	E10	E4	E2	E1	E6	E5	E3	E11		4,4%	-2,7%	1,6%
			S	49,4	56,6	53,4	2,3	4,3%	E7	E5	E6	E10	E8	E11	E3	E9	E2	E4	E1				
Salinidad	ups o ‰	S	T	16,6	30,0	23,5	4,5	19,3%	E10	E11	E7	E9	E2	E8	E6	E5	E1	E3	E4				
			L	25,2	31,1	29,7	1,7	5,7%	E2	E6	E1	E9	E8	E7	E5	E11	E4	E10	E3		26,1%	-10,2%	13,2%
			S	19,7	29,7	26,6	2,9	10,7%	E1	E5	E9	E3	E6	E2	E8	E7	E11	E10	E4				
		M	T	26,4	35,3	33,4	2,5	7,6%	E7	E6	E8	E10	E2	E9	E3	E11	E5	E4	E1		-2,1%	5,7%	3,5%

Variables	Unidad	Nivel	Época	Variación entre estaciones																Variación entre épocas		
				Mín.	Máx.	Prom.	Desv. estándar	Coef. de variación	Clasificación de las estaciones del mayor valor a menor											T → L	L → S	T → S
			L	30,7	34,0	32,7	1,1	3,2%	E7	E8	E6	E9	E2	E10	E3	E11	E5	E1	E4			
			S	31,2	35,8	34,5	1,4	4,1%	E6	E7	E8	E10	E9	E5	E11	E2	E3	E1	E4			
		F	T	31,7	35,5	34,8	1,1	3,2%	E7	E8	E2	E3	E5	E6	E9	E10	E11	E4	E1			
			L	31,2	35,0	33,0	1,2	3,6%	E7	E6	E8	E9	E10	E2	E5	E4	E3	E11	E1	-5,1%	7,6%	2,1%
			S	33,2	37,9	35,5	1,1	3,2%	E2	E6	E7	E8	E10	E11	E3	E9	E5	E4	E1			
pH	Un.	S	T	7,97	8,26	8,08	0,11	1,3%	E4	E1	E2	E6	E7	E10	E11	E8	E3	E9	E5			
			L	7,97	8,50	8,07	0,15	1,8%	E9	E7	E10	E11	E2	E6	E8	E4	E5	E3	E1	0,0%	-1,2%	-1,3%
			S	7,82	8,18	7,97	0,12	1,4%	E11	E1	E3	E8	E9	E2	E10	E6	E7	E5	E4			
		M	T	7,32	7,99	7,88	0,19	2,4%	E10	E2	E1	E4	E11	E6	E5	E3	E8	E7	E9			
			L	7,93	8,11	8,03	0,06	0,7%	E2	E11	E7	E10	E9	E3	E8	E6	E4	E1	E5	2,0%	0,4%	2,4%
			S	7,93	8,18	8,06	0,09	1,1%	E1	E11	E3	E8	E10	E2	E9	E4	E6	E7	E5			
		F	T	7,62	7,96	7,83	0,12	1,5%	E10	E11	E3	E9	E4	E2	E1	E8	E5	E6	E7			
			L	7,65	8,10	7,92	0,13	1,7%	E11	E2	E10	E9	E3	E4	E1	E5	E8	E7	E6	1,2%	3,9%	5,2%
			S	8,12	8,35	8,23	0,08	0,9%	E2	E11	E8	E10	E3	E9	E1	E5	E4	E6	E7			
Oxígeno disuelto	mg/l	S	T	3,86	8,30	5,58	1,47	26,4%	E1	E4	E2	E3	E5	E11	E8	E9	E10	E6	E7			
			L	2,78	5,73	4,35	0,83	19,1%	E5	E3	E7	E6	E4	E9	E10	E8	E2	E11	E1	-22,1%	36,9%	6,7%
			S	5,30	6,85	5,95	0,54	9,1%	E1	E2	E4	E9	E5	E6	E3	E8	E11	E10	E7			
		M	T	2,89	5,70	3,85	0,79	20,4%	E1	E11	E8	E4	E10	E9	E5	E2	E3	E6	E7			
			L	2,96	4,55	4,04	0,41	10,1%	E7	E9	E3	E4	E10	E5	E2	E8	E11	E6	E1	5,0%	9,1%	14,5%
			S	3,62	5,85	4,41	0,72	16,4%	E4	E1	E3	E8	E2	E11	E6	E10	E7	E5	E9			
		F	T	0,92	4,96	3,13	1,16	37,0%	E10	E11	E3	E5	E1	E4	E2	E8	E9	E6	E7			
			L	0,52	4,81	3,08	1,43	46,4%	E5	E3	E4	E11	E10	E2	E8	E9	E1	E6	E7	-1,6%	20,8%	18,9%
			S	2,41	4,72	3,73	0,64	17,2%	E1	E4	E6	E9	E7	E11	E5	E8	E3	E2	E10			
Saturación de Oxígeno	%	S	T	52,8	109,0	74,9	19,6	26,2%	E1	E4	E2	E3	E5	E11	E8	E9	E10	E6	E7			
			L	36,2	76,2	55,9	10,6	18,9%	E5	E7	E3	E6	E10	E9	E8	E4	E2	E11	E1	-25,4%	38,5%	3,3%
			S	67,5	91,5	77,4	8,2	10,6%	E1	E2	E4	E9	E5	E3	E6	E8	E11	E10	E7			
		M	T	34,4	76,6	50,0	11,2	22,3%	E1	E11	E8	E10	E4	E9	E5	E2	E3	E6	E7			
			L	38,0	61,0	53,0	5,9	11,2%	E9	E7	E2	E4	E3	E10	E5	E8	E6	E11	E1	6,0%	5,9%	12,2%
			S	46,4	77,3	56,2	10,6	18,9%	E1	E4	E3	E2	E11	E6	E10	E8	E7	E5	E9			
		F	T	11,5	61,4	40,6	14,9	36,7%	E10	E11	E3	E5	E1	E4	E2	E9	E8	E6	E7			
			L	7,5	62,1	40,4	18,3	45,3%	E5	E3	E4	E11	E10	E2	E8	E1	E9	E6	E7	-0,5%	17,6%	17,0%
			S	30,2	61,8	47,5	8,6	18,0%	E1	E4	E6	E9	E7	E11	E5	E8	E3	E2	E10			
Color	U/	C	T	0	2	0,4	0,7	185,4%	E4	E6	E7	Demás estaciones: 0.									100,0%	487,5%	1075,0%

Variables	Unidad	Nivel	Época	Variación entre estaciones																	Variación entre épocas		
				Mín.	Máx.	Prom.	Desv. estándar	Coef. de variación	Clasificación de las estaciones del mayor valor a menor												T → L	L → S	T → S
	Hazen		L	0	5	0,7	1,5	204,8%	E7	E4	E11	E10	Demás estaciones : 0										
			S	1	8	4,3	2,3	53,5%	E6	E7	E10	E1	E4	E9	E11	E8	E3	E2	E5				
Sólidos suspendidos totales	mg/l	C	T	23,50	45,30	33,65	7,09	21,1%	E5	E10	E3	E1	E8	E9	E7	E11	E4	E6	E2		14,3%	-73,7%	-69,9%
			L	18,30	101,70	38,45	22,85	59,4%	E8	E1	E3	E10	E6	E7	E9	E4	E5	E2	E11				
			S	7,43	14,17	10,13	2,07	20,5%	E4	E7	E10	E9	E8	E1	E2	E6	E5	E3	E11				
Sólidos sedimentables	mg/l	C	T			<0,2			Valores inferiores al límite de detección.														
			L			<0,2																	
			S			<0,2																	
Sólidos totales	mg/l	C	T	35.914	41.974	38.551	2.086	5,4%	E9	E11	E7	E2	E3	E10	E8	E6	E1	E5	E4		11,1%	-16,9%	-7,6%
			L	37.776	54.256	42.849	4.694	11,0%	E7	E5	E2	E1	E11	E9	E3	E6	E10	E4	E8				
			S	34.050	36.750	35.618	770	2,2%	E7	E5	E1	E2	E6	E11	E3	E4	E10	E8	E9				
Turbidez	NTU	C	T	6	32	17	8	45,1%	E7	E6	E4	E5	E8	E1	E2	E9	E3	E10	E11		163,9%	-48,8%	35,1%
			L	7	282	46	80	175,2%	E8	E3	E4	E1	E7	E2	E9	E10	E5	E6	E11				
			S	5	47	23	13	56,5%	E7	E4	E10	E6	E8	E9	E11	E2	E5	E3	E1				
DBO_5	mg/l	C	T	0,16	2,31	0,95	0,61	63,9%	E2	E4	E10	E5	E11	E3	E1	E8	E9	E7	E6		438,0%	-54,1%	146,9%
			L	0,67	8,38	5,11	2,04	39,9%	E6	E4	E9	E8	E10	E3	E7	E5	E11	E2	E1				
			S	0,37	3,41	2,34	1,02	43,4%	E11	E7	E4	E5	E6	E10	E9	E1	E2	E3	E8				
DQO	mg/l	C	T	0,15	13,10	7,32	4,28	58,5%	E7	E3	E1	E2	E10	E4	E8	E9	E11	E5	E6		52,4%	-71,9%	-57,3%
			L	1,45	18,01	11,15	4,30	38,6%	E6	E4	E9	E8	E3	E5	E7	E10	E2	E11	E1				
			S	1,30	4,00	3,13	0,70	22,3%	E1	E2	E4	E9	E8	E7	E6	E5	E11	E3	E10				
DQO/DBO_5		C	T	0,96	38,52	9,86	10,43	105,8%	E7	E1	E3	E8	E9	E10	E4	E2	E11	E5	E6		-77,8%	-4,4%	-78,7%
			L	2,10	2,30	2,19	0,08	3,5%	E3	E2	E5	E7	E11	E1	E9	E6	E4	E10	E8				
			S	0,50	8,92	2,10	2,37	112,9%	E8	E2	E3	E1	E9	E4	E6	E5	E7	E11	E10				
Nitritos	µg/l N-NO_2	C	T	<0,3	88,60	33,12	24,89	75,2%	E1	E3	E7	E5	E6	E8	E9	E2	E4	E11	E10		-67,3%	47,3%	-51,8%
			L	2,90	26,50	10,84	7,34	67,7%	E1	E4	E3	E7	E9	E2	E6	E8	E5	E10	E11				
			S	3,99	33,23	15,96	9,96	62,4%	E9	E10	E3	E1	E5	E2	E6	E4	E11	E8	E7				
Nitratos	µg/l N-NO_3	C	T	133,30	3437,70	585,64	951,99	162,6%	E1	E3	E7	E5	E6	E8	E9	E2	E4	E11	E10		-87,5%	-56,7%	-94,6%
			L	14,10	170,20	73,35	55,32	75,4%	E1	E4	E3	E7	E9	E2	E6	E8	E5	E10	E11				
			S	<0,3	87,68	31,77	27,52	86,6%	E9	E10	E3	E1	E5	E2	E6	E4	E7, E8, E10						
Nitritos + nitratos	µg/l N	C	T	41,2	803,2	142,3	220,6	155,0%	E1	E3	E5	E7	E6	E9	E8	E4	E2	E11	E10		-83,5%	-57,5%	-93,0%
			L	5,4	46,5	19,9	14,4	72,3%	E1	E4	E3	E7	E9	E2	E6	E5	E8	E10	E11				
			S	2,6	21,0	12,0	6,0	50,0%	E9	E1	E10	E2	E3	E5	E6	E8	E4	E11	E7				
Nitrógeno	µg/l N-	C	T	<1,4	1187,0	127,7	351,7	275,4%	E1	E5	E3	E4	E2	E11	E9	E10	E7	E6	E8		-62,6%	-88,0%	-95,5%

Variables	Unidad	Nivel	Época	Variación entre estaciones																Variación entre épocas		
				Mín.	Máx.	Prom.	Desv. estándar	Coef. de variación	Clasificación de las estaciones del mayor valor a menor											T → L	L → S	T → S
amoniacal	NH_4		L	3,8	153,0	47,7	54,6	114,5%	E4	E1	E3	E9	E6	E7	E10	E5	E11	E8	E2			
			S	<1,4	45,6	5,7	13,3	232,3%	E11	E2	Demás estaciones (< L.D.)											
Amoníaco (estimado)	µg/l N-NH_3	C	T	<0,1	74,6	7,9	22,1	281,5%	E1	E5	E4	E3	E2	E11	E10	E7	E6	E9	E8	-59,5%	-78,1%	-91,1%
			L	<0,3	9,7	3,2	3,4	108,1%	E4	E1	E3	E9	E7	E10	E6	E11	E5	E8	E2			
			S	<0,1	5,9	0,7	1,7	248,0%	E11	E2	E8	E10	E1	E3	E9	E4	E7	E6	E5			
Nitritos + nitratos + N amoniacal	µg/l N	C	T	177,1	4713,3	746,4	1320,7	176,9%	E1	E3	E5	E4	E7	E2	E9	E6	E8	E11	E10	-83,5%	-57,5%	-93,0%
			L	32,7	315,2	123,5	105,3	85,3%	E4	E1	E3	E7	E9	E6	E2	E5	E8	E10	E11			
			S	9,9	92,8	52,4	24,1	45,9%	E9	E1	E10	E2	E3	E11	E5	E6	E8	E4	E7			
Grasas y aceites	mg/l	C	T	5,22	80,70	18,69	24,12	129,0%	E10	E3	E2	E7	E11	E1	E8	E6	E4	E5	E9	259,2%	-99,3%	-97,4%
			L	28,46	123,33	67,16	33,10	49,3%	E1	E9	E5	E6	E11	E3	E8	E4	E10	E7	E2			
			S	0,07	1,13	0,48	0,30	62,0%	E7	E6	E3	E1	E2	E4	E8	E9	E5	E10	E11			
Hidrocarburos dispersos y disueltos	µg/l	C	T	1,24	4,58	2,81	0,98	34,8%	E7	E2	E5	E4	E6	E3	E1	E10	E11	E9	E8	-71,2%	3,9%	-70,1%
			L	0,20	2,34	0,81	0,76	93,8%	E1	E4	E2	E11	E3	E6	E5	E9	E7	E8	E10			
			S	0,36	1,97	0,84	0,53	62,5%	E3	E1	E8	E7	E6	E2	E4	E9	E10	E5	E11			
UCM	µg/l	C	T	No analizado																		
			L	5,00	23,50	9,35	6,22	66,5%	E1	E4	E11	E5	E2	E7	E6	E10	E3	E8	E9		-23,0%	
			S	2,48	18,14	7,21	4,79	66,5%	E3	E8	E1	E2	E4	E6	E7	E5	E10	E9	E11			
UCM/∑ n-alcanos		C	T	No analizado																		
			L	1,14	49,00	13,24	13,25	100,1%	E4	E11	E7	E3	E8	E1	E2	E6	E5	E10	E9		-37,0%	
			S	1,18	20,14	8,34	5,95	71,3%	E6	E3	E1	E10	E9	E5	E8	E2	E7	E11	E4			
Cianuros totales	µg/l	C	T	<2					Valores inferiores al límite de detección.													
			L	<2																		
			S	<2																		
Cianuros libres	µg/l	C	T	<100					Valores inferiores al límite de detección.													
			L	<100																		
			S	<100																		
Cianatos	µg/l	C	T	<100	1.050	293	319	108,9%	E11	E6	E10	E7	Demás estaciones (< L.D.)									
			L	<100					Valores inferiores al límite de detección.													
			S	<100																		

A continuación se presentan los resultados de las tablas anteriores en forma gráfica para las 3 épocas climáticas (Figura 3-23 a Figura 3-44). También se puede apreciar en las figuras siguientes (Figura 3-17 a Figura 3-22), las variaciones de los distintos parámetros en función de la profundidad, conforme los registros de la época de transición

Figura 3-17 Temperatura de la Bahía de Cartagena en función de la profundidad (época de transición)

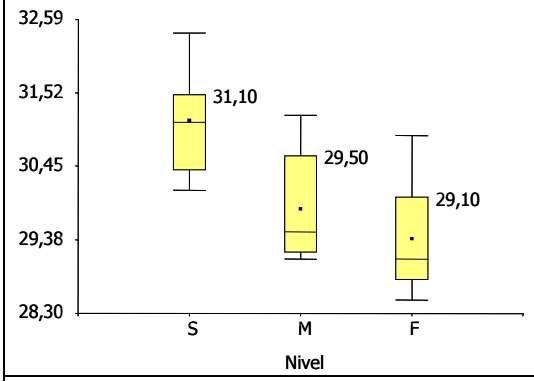


Figura 3-18 pH de la Bahía de Cartagena en función de la profundidad (época de transición)

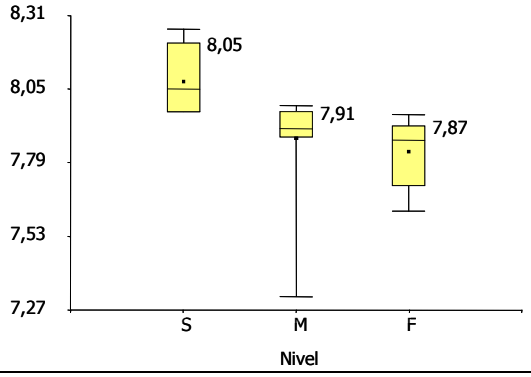


Figura 3-19 Conductividad de la Bahía de Cartagena en función de la profundidad (época de transición)

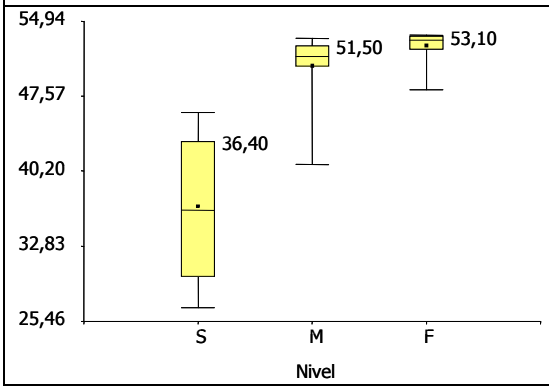


Figura 3-20 Salinidad de la Bahía de Cartagena en función de la profundidad (época de transición)

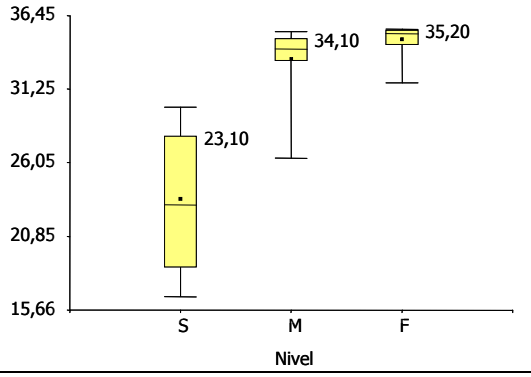


Figura 3-21 **Oxígeno disuelto de la Bahía de Cartagena en función de la profundidad (época de transición)**

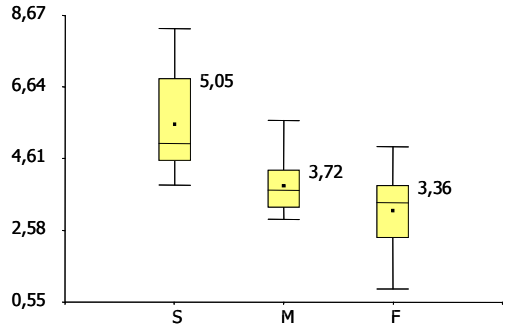
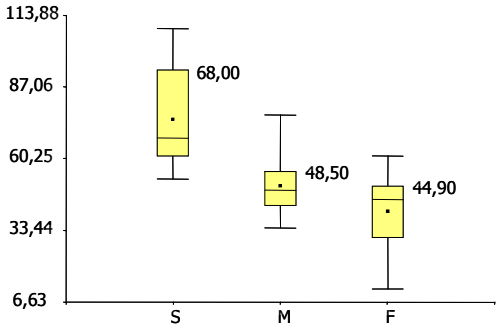


Figura 3-22 **Saturación de Oxígeno de la Bahía de Cartagena en función de la profundidad (época de transición)**



S=Superficie, M=Medio, F=Fondo. Aparece el valor promedio entre las 11 estaciones de muestreo.

Figura 3-23 **Profundidad en la Bahía de Cartagena**

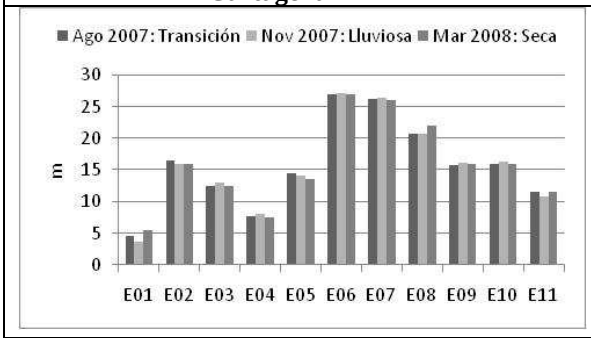


Figura 3-24 **Transparencia en la Bahía de Cartagena**

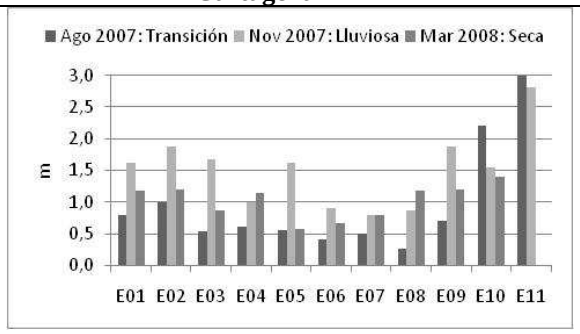


Figura 3-25 **Temperatura superficial en la Bahía de Cartagena**

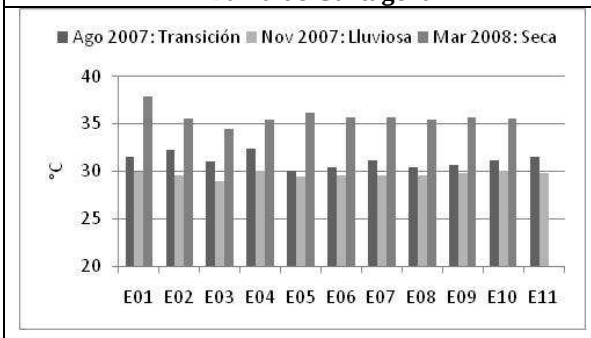


Figura 3-26 **pH superficial en la Bahía de Cartagena**

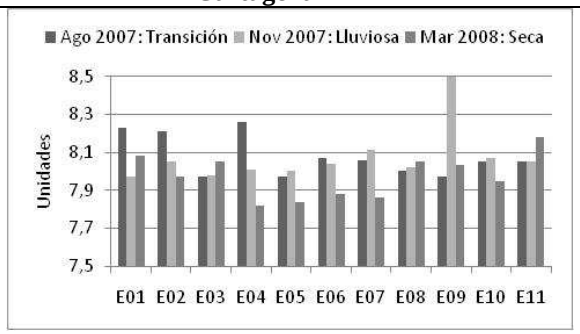


Figura 3-27 Conductividad superficial en la Bahía de Cartagena

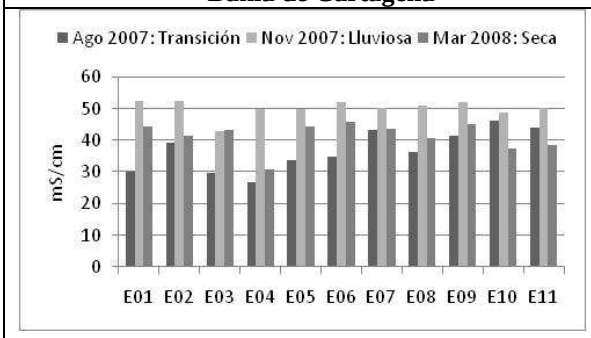


Figura 3-28 Salinidad superficial en la Bahía de Cartagena

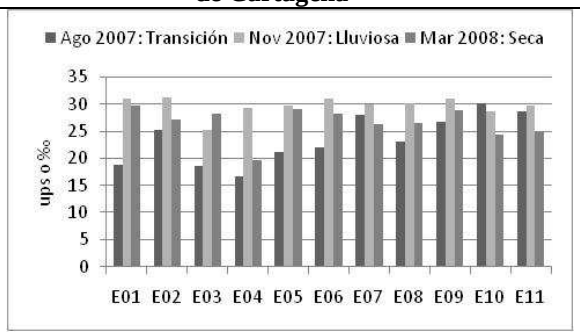


Figura 3-29 Oxígeno disuelto en la Bahía de Cartagena (superficie)

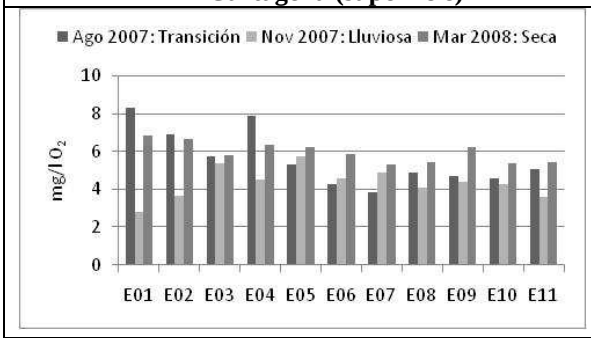


Figura 3-30 Saturación de Oxígeno en la Bahía de Cartagena (superficie)

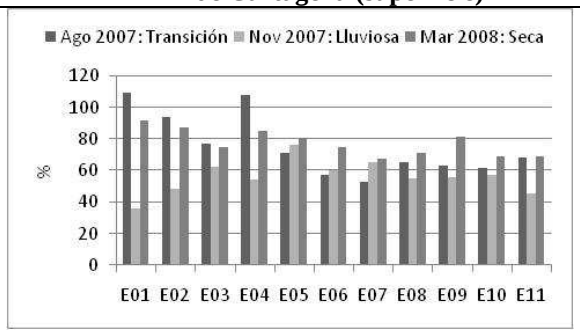


Figura 3-31 Sólidos suspendidos en la Bahía de Cartagena

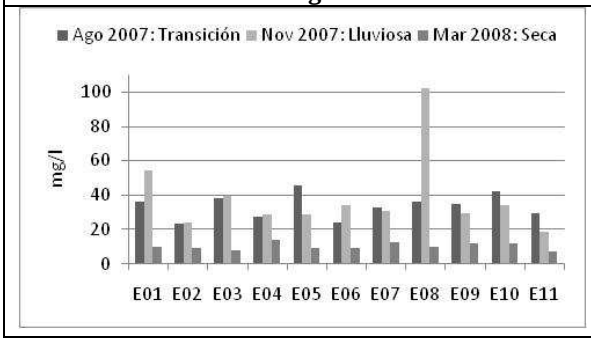


Figura 3-32 Turbidez en la Bahía de Cartagena

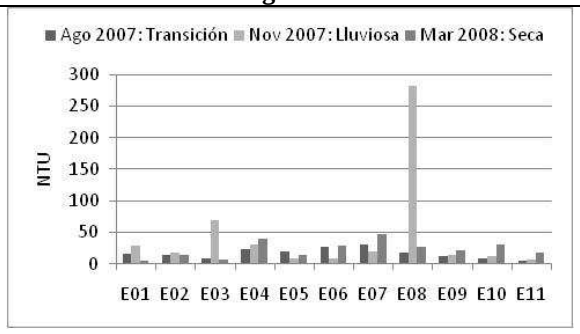


Figura 3-33 Sólidos totales en la Bahía de Cartagena

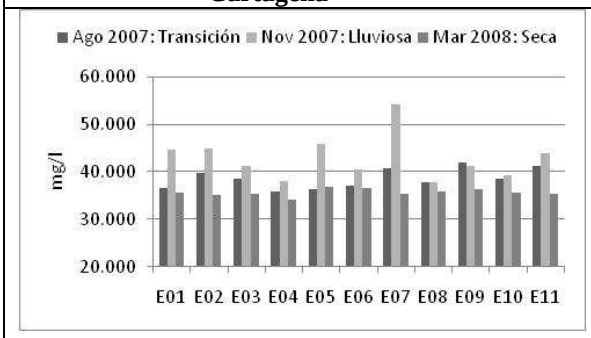


Figura 3-34 Color en la Bahía de Cartagena

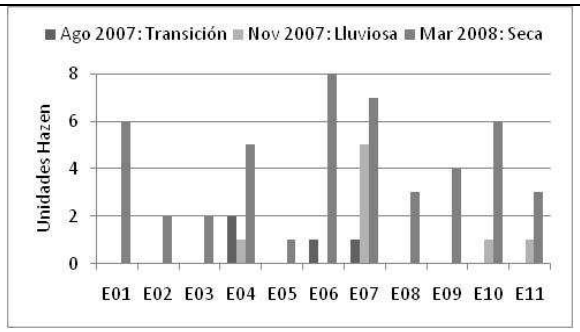


Figura 3-35 Concentración de DBO5 en la Bahía de Cartagena

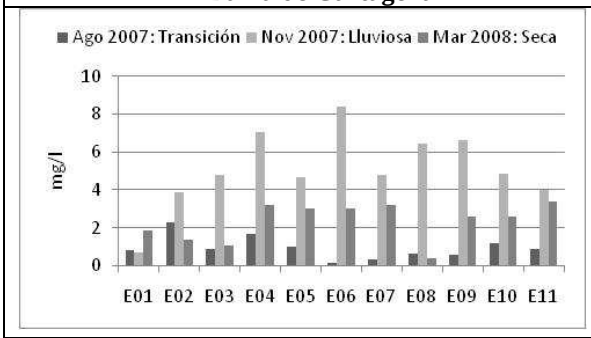


Figura 3-36 Concentración de DQO en la Bahía de Cartagena

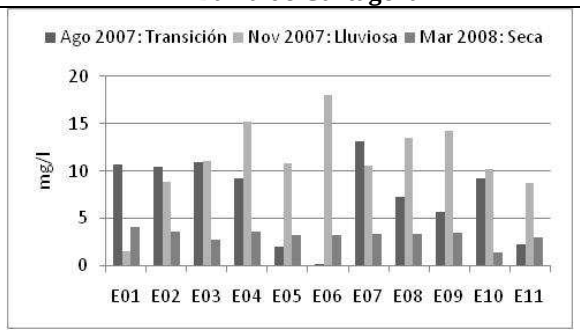


Figura 3-37 Concentración de nitritos en la Bahía de Cartagena

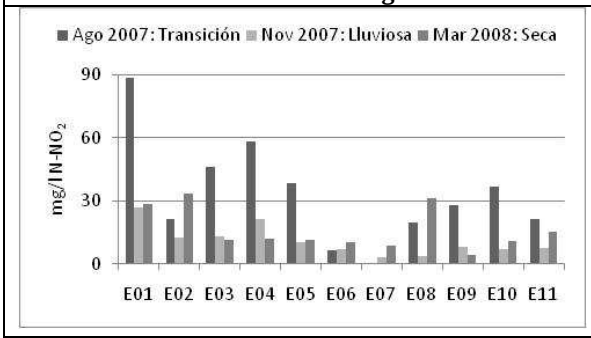


Figura 3-38 Concentración de nitratos en la Bahía de Cartagena

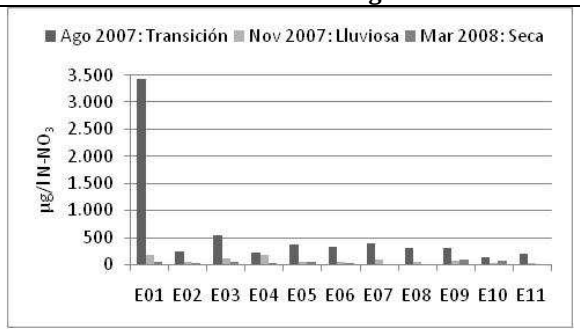


Figura 3-39 Concentración de Nitrógeno amoniacal en la Bahía de Cartagena

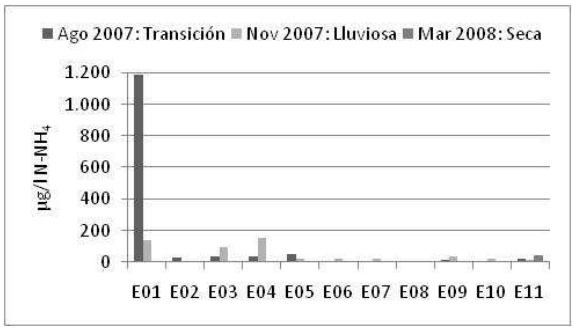


Figura 3-40 Concentración estimada de Amoníaco no disociado en la Bahía de Cartagena

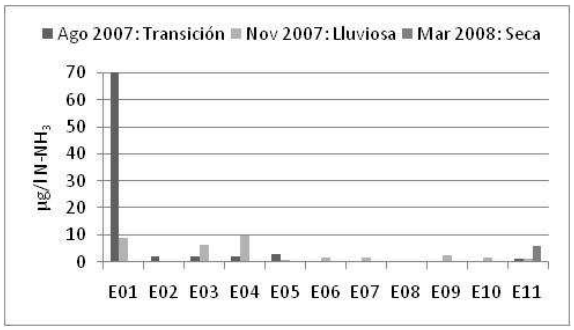


Figura 3-41 Concentración de nitritos y nitratos en la Bahía de Cartagena

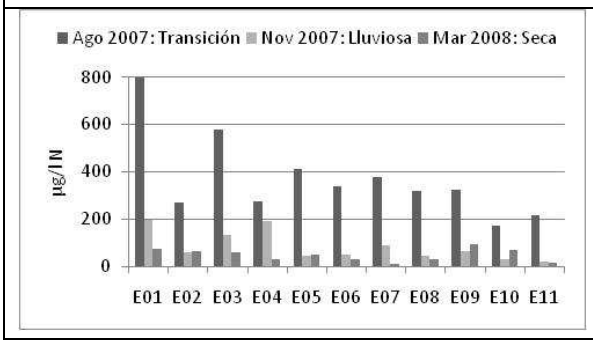


Figura3-42 Concentración de Nitrógeno proveniente de nitritos, nitratos y amonio/Amoníaco en la Bahía de Cartagena

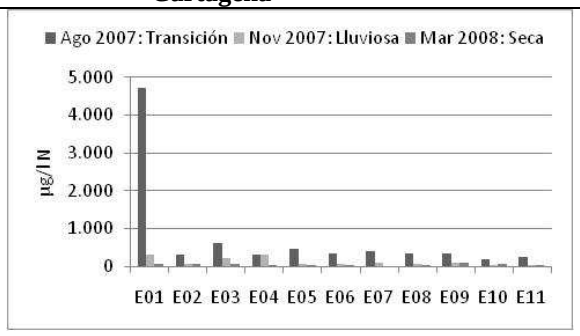


Figura 3-43 Concentración de aceites y grasas en la Bahía de Cartagena

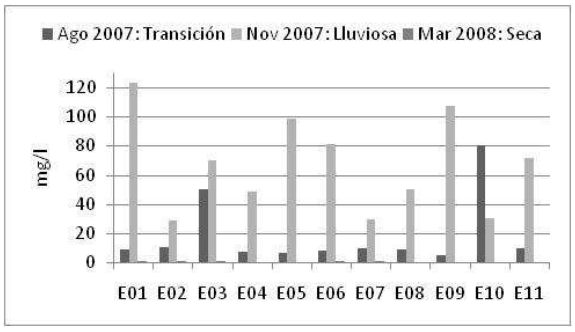
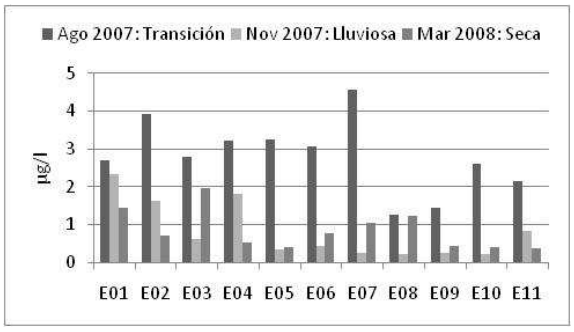


Figura 3-44 Concentración de hidrocarburos dispersos y disueltos en la Bahía de Cartagena



Posteriormente, los resultados obtenidos se compararon con los registros históricos de los mismos y los estándares o máximos permisibles nacionales e internacionales, para

establecer la condición actual de la calidad de las aguas de la Bahía de Cartagena (Tabla 3-21).

Los límites permisibles nacionales aplicables son los establecidos en el Decreto 1594 de 1984 para aguas marinas y estuarinas, con destinación para fines de preservación de fauna y flora (Artículo 45) y eventualmente para usos recreacionales con contacto segundario (deportes náuticos) (Artículo 43).

Para complementar el análisis, también fueron considerados los estándares canadienses para preservación de la vida acuática en agua dulce (y marinas cuando fuera posible), establecidos en el *Canadian Environmental Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life* (2006)[47] y - para algunos parámetros – *Water Quality Guidelines (criteria) Reports* del Ministerio de Ambiente de British Columbia (Canadá).

[47] Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), "Canadian Environmental Quality Guidelines", capítulo 4, diciembre de 2006.

Tabla 3-21 Análisis y consideraciones de los resultados de laboratorio de los parámetros fisicoquímicos de las muestras compuestas de agua de la Bahía de Cartagena

Parámetro	Análisis y consideraciones de los resultados
Profundidad	Las mediciones estuvieron de acuerdo a las reportadas en la Carta de Navegación COL 261, Bahía de Cartagena. En promedio la profundidad no varió entre los 3 monitoreos. Las variaciones inferiores a los 0,5 m registrados en algunas estaciones se asocian al régimen de mareas que para el Caribe colombiano es de escasa amplitud, variando en promedio entre 0,17 y 0,42 m[48].
Transparencia	Los registros reportaron la influencia de la pluma sedimentaria del Canal del Dique en todas las estaciones, observándose la menor transparencia en las estaciones E6, E7 y E8 en cualquier época y la mayor en E10 y E11 por su ubicación. Los valores observados son normales para aguas estuarinas. Durante la época lluviosa se observó un aumento promedio de la transparencia del 57% respecto a la época de transición y del 46% respecto a la época seca en la mayoría de las estaciones, lo cual podría estar asociado a una disminución en el caudal del Canal del Dique o un mayor aporte de aguas lluvia para el momento del monitoreo.
Temperatura	Los registros se consideran normales con la presencia del gradiente negativo en la columna de agua. Las variaciones entre estaciones no fueron significativas. Al comparar los registros de la temperatura superficial del mar (TSM), se observa que durante el primer monitoreo, se reportó este parámetro con un valor de 1,5°C en promedio por encima de los registros del segundo monitoreo, lo que se podría relacionar con la declinación del sol y su incidencia en las variaciones de los aportes de energía a la tierra: en agosto aparentemente el sol se encuentra al norte del Ecuador terrestre, aportando una mayor energía calórica que para el mes de noviembre, cuando el sol se encuentra aparentemente al sur, disminuyendo su aporte de energía. En la época seca, se observan temperaturas 4,4°C más altas que en la época lluviosa en promedio, lo que es consecuente con las condiciones climáticas de ambos periodos.
Conductividad y salinidad	Los registros se consideran normales para las condiciones estuarinas, con la presencia en superficie de agua salobre y un aumento de estos valores a medida que se acrecienta la profundidad. Las mayores variaciones entre estaciones se observaron en superficie, según la ubicación de las estaciones respecto a la pluma del Canal del Dique. Las mayores conductividades y salinidades superficiales se observaron durante la época lluviosa, con poca variación entre épocas climáticas en las capas medias y de fondo.

[48] AGUILERA, Jairo. Estudio de Impacto Ambiental Dragado de Profundización Zona de Maniobras del Terminal Marítimo de Manga. Línea Base Ambiental. Cartagena: SPRC, 2006. p. 3-10.

pH	Los registros se consideran normales para las condiciones estuarinas y marinas, con muy poca variación entre estaciones, y cumplen con el rango permisible establecido en el Artículo 45 del Decreto 1594 (6,5-8,5). El gradiente observado con pH más altos en superficie se debe a que en la superficie se llevan a cabo los procesos de fotosíntesis, durante los cuales hay consumo de CO_2, mientras que a mayores profundidades hay remineralización de la materia orgánica, con la consecuente liberación de CO_2, produciendo un aumento de la acidez. No se observaron diferencias entre los 3 monitoreos, salvo en el pH de fondo que fue un 4% y 5% mayor durante la época seca, respecto a la época lluviosa y a la época de transición.
Oxígeno disuelto	Los registros fueron consecuentes con estudios oficiales anteriores y normales para aguas estuarinas, con la presencia de una estratificación natural en la columna de agua (menores registros en el fondo por consumo de Oxígeno en procesos de degradación de la materia orgánica y mayores en superficie por los procesos de fotosíntesis). Por eso el mínimo de 4 mg/l establecido por el Decreto 1594 de 1984 (Art. 45: Preservación de fauna y flora) en general sólo se cumplió en superficie (y en la capa intermedia durante la época seca). Se observan variaciones significantes entre estaciones, con los mayores valores superficiales en las estaciones E1 a E4. Los menores valores se observan en las estaciones más profundas. En la época seca se presentaron los mayores valores de Oxígeno disuelto (un 36% mayor en superficie respecto a la época lluviosa y un 7% respecto a la época de transición), registrándose las mayores diferencias en las estaciones E1 a E4. Se observan las mismas tendencias en el fondo (20% mayor en la época seca). La disminución del Oxígeno disuelto en la época lluviosa, se debe probablemente a la disminución de la intensidad de los vientos, característica de esta época, que afecta negativamente la transferencia de gases desde la atmósfera a la superficie del agua. Las menores concentraciones de Oxígeno disuelto también se pueden relacionar con las mayores DBO_5 y DQO registradas.
Saturación de Oxígeno	En general los registros concuerdan con los valores de Oxígeno disuelto. El valor mínimo establecido por el Decreto 1594 de 1984 (Art. 43: usos recreativos contacto segundario) sólo se cumplió en superficie en la mayoría de estaciones en las épocas de transición y seca. No se cumplió durante la época lluviosa, dada la disminución promedia del 28% en los registros de superficie respecto al periodo seco (registrándose las mayores diferencias en las estaciones E1 a E4). Por otro lado, en E1 y E4 se observa, durante el primer monitoreo, una sobresaturación de Oxígeno, indicando posibles procesos fotosintéticos.
Color	Salvo durante la época seca, los resultados de este parámetro en todas las estaciones estuvieron por debajo de 2 unidades de Hazen. El Decreto 1594 de 1984 no establece valores de referencia para los usos aplicables a la Bahía de Cartagena. Durante la época seca, se observaron valores significativamente mayores en todas las estaciones.

Sólidos totales	Las concentraciones de los sólidos disueltos encontradas representaron más del 99% del total de sólidos presentes en las muestras, lo que evidencia la presencia de sales en el agua de la Bahía, en cantidades menores a los registros históricos de INVEMAR para las aguas costeras del departamento de la Guajira (< 40 mg/l), obtenidos dentro del proyecto de monitoreo RED CAM. Eso se debe al carácter estuarino de sus aguas, con la gran disolución que generan los aportes del Canal del Dique[49]. Se presentaron concentraciones ligeramente mayores en la época lluviosa, que se deben relacionar la misma tendencia observada en salinidad y conductividad superficiales.
Sólidos sedimentables	Las concentraciones de sólidos sedimentables para las tres épocas climáticas están por debajo del límite de detección de la técnica analítica, lo cual indica que el material suspendido es de un tamaño muy fino y por ende difícil de sedimentar.
Sólidos suspendidos	Los registros de los SST en la época seca presentaron valores significativamente menores, respecto a los demás periodos (un 70%) (lo cual sugiere la importancia de las aguas de escorrentía de origen terrígeno en época lluviosa que llegan a la Bahía por el Canal del Dique y desde Cartagena), descartando el valor de la estación E8, durante la época lluviosa, donde se registró 101,7 mg/l (cuando los rangos históricos para la Bahía de Cartagena son de 7-68 mg/l), valor 2-5,5 mayor a las demás estaciones (tendencia que se observa también con la turbidez), posiblemente por la ubicación de esta estación con referencia a la incidencia de la pluma de turbidez del Canal del Dique; este valor, a pesar de ser alto, queda dentro de los valores observados en otros sistemas estuarinos como la Bahía de Cartagena (hasta 524 mg/l).
Turbidez	En general los resultados de turbidez están relacionados con los de SST. Sin embargo en este caso, salvo en E8, donde se registró una turbidez superior de 282 NTU (1,5-14,5 veces superiores a las demás estaciones), consecuente con el alto valor de SST, se observaron valores similares de turbidez en las épocas lluviosa y seca, un 35% mayores a las de la época de transición.

[49] MARÍN, B. et al. Diagnóstico y Evaluación de la Calidad Ambiental Marina en el Caribe y Pacifico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. REDCAM. INVEMAR. Santa Marta: diciembre de 2005. 304 páginas.

DBO_5 y DQO	Durante las 3 épocas se observaron variaciones importantes de la DBO_5 y de la DQO entre estaciones, sobre todo en la época de transición. La época lluviosa se caracterizó por los mayores niveles de DBO_5, respectivamente más de 5 veces mayores que durante la época de transición (durante la cual se observaron concentraciones dentro del rango histórico observado por el INVEMAR (0,7-2,9 mg/l)[50]) y 2 veces mayores que durante la época seca (5,11 mg/l en promedio), las estaciones E4, E6, E8 y E9 presentando niveles que indican una contaminación por descargas antropogénicas (6,43-8,38 mg/l). Lo mismo se observó para la DQO, con niveles 1,5 veces mayor en promedio que durante la época de transición y 3,6 veces mayores que durante la época seca, aunque que para este parámetro se mantuvieron niveles aceptables (<25 mg/l). La relación DQO/DBO_5 en las épocas lluviosa y seca estuvo alrededor de 2, índice típico para aguas residuales domésticas. Sin embargo se debe resaltar la baja dispersión de los valores de este índice entre estaciones en época lluviosa y la importante variación del mismo en época seca (0,5-8,92). Durante la época de transición el índice varió entre 1 y 38,5, con un promedio de 9,9, indicando la predominancia de sustancias poco biodegradable. Lo anterior demuestra el incremento general y relativo de la carga de vertimientos urbanos en época de lluvia, por escorrentía, mientras que el aporte relativo de efluentes industriales en las épocas de transición y seca tiende a tener mayor importancia.

[50] MARÍN, B. et al. Diagnóstico y Evaluación de la Calidad Ambiental Marina en el Caribe y Pacifico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. REDCAM. INVEMAR. Santa Marta: diciembre de 2005. 304 páginas.

Nitritos y nitratos	Canadá estableció unos estándares para las concentraciones de nitratos y nitritos para la protección de la vida acuática (niveles no tóxicos, con base a la toxicidad directa de las sustancias): en agua dulce, 2.900 µg/l de nitratos (como $N\text{-}NO_3$) (3.600 µg/l en aguas marinas) y 60 µg/l de nitritos (como $N\text{-}NO_2$). Solo durante la época de transición, la concentración de nitratos en la estación E1 estuvo cerca al límite canadiense y la de los nitritos excedió o estuvo muy cerca al límite canadiense en las estaciones E1 y E4. La Provincia de British Columbia (Canadá) también establece una concentración máxima de Nitrógeno proveniente de nitratos y nitritos de 10 mg/l $N\text{-}NO_3$ y de 1 mg/l $N\text{-}NO_2$ respectivamente, en agua de uso recreativo. Estos límites no fueron superados en ninguna época. Los valores observados durante los 3 monitoreos son consecuentes con los registros plurianuales de la REDCAM (nitratos: 0,05-3070 µg/l, nitritos: 0,02-200 µg/l). En la época seca se registró una disminución del 43% de la concentración promedia del Nitrógeno proveniente de nitritos y nitratos, respecto a los valores registrados durante la época lluviosa, la cual se debe a la disminución de las concentraciones de nitratos. Esta disminución es consecuente con la baja concentración de Nitrógeno amoniacal observada en el mismo periodo (menos aportes de efluentes urbanos y por ende menos generación de nitritos y nitratos por degradación). Durante los 3 monitoreos, la concentración de nitritos estuvo inferior a la de los nitratos, lo que indica que los procesos naturales de degradación del Nitrógeno en el agua se llevaban en forma adecuada. Durante la época de transición, la estación E1 presentó concentraciones de nitratos y nitratos respectivamente 11 y 3 veces mayores al promedio de las demás estaciones, lo que sugería la presencia de fuentes antropogénicas. Durante los siguientes monitoreos, esta estación presentó concentraciones por encima del promedio de las 11 estaciones, pero dentro del rango registrado. Incluso descartando los valores de la estación E1, se presentaron en general niveles de nitratos y nitritos mayores durante la época de transición (7 y 13 veces mayores en Nitrógeno proveniente de nitritos y nitratos, respecto a las épocas lluviosa y seca).

Nitrógeno amoniacal	Nitrógeno amoniacal: Durante la época de transición, la estación E1 presentó una concentración de Nitrógeno amoniacal que sugería la presencia de fuentes antrópicas. Durante la época lluviosa, se observó una disminución importante de la concentración en E1, pero en el resto de las estaciones se observó un aumento del 63% en promedio, lo que indica la probable introducción de materia orgánica disuelta de origen doméstica, proveniente de aguas servidas, llegando a la Bahía por la escorrentía (E1, E3 y E4). La disminución observada del 88% durante la época seca, respecto a la época lluviosa, es consecuente con la hipótesis anterior. Los registros se encontraron dentro de los rangos históricos de la REDCAM (0,03-1.128 µg/l), aunque E1 durante la época de transición estuvo un poco elevado. Amoníaco: El Decreto 1594 de 1984 establece como valor límite superior para la concentración de Amoníaco en aguas estuarinas y marinas para fines de preservación de fauna y flora (Art. 45): 0,1 x CL_{50}^{96}, aunque dicha concentración letal no ha sido establecida por la autoridad ambiental. Al respecto, la literatura da el valor de 0,78 mg/l para el *Macrobachium sp* (gamba) (especie más sensible representativa de la fauna de la Bahía de Cartagena). Considerando este valor, la concentración límite de Amoníaco no ionizado en el agua estaría en 78 µg/l, o sea 60,7 µg/l. Por otra parte, los estándares canadienses para la preservación de la vida acuática en agua dulce (toxicidad directa) establecen un valor límite de 19 µg/l de Amoníaco no ionizado, o sea 15,2 µg/l como $N\text{-}NH_3$. Con base en la estimación de la concentración de Amoníaco no ionizado – en equilibrio con el amonio (Tabla 3-19) –, se observa que ambos valores sólo se superarían en la estación E1, durante la época de transición, que presentó niveles 62 veces superior al promedio de las demás estaciones. Con la excepción de E1, la concentración promedia de Amoníaco se duplicó durante el segundo monitoreo; esta situación se puede explicar no solo con la probable escorrentía de aguas servidas a la Bahía sino también por el leve aumento del pH. Durante la época seca la proporción de Amoníaco respecto al amonio fue mayor, debido al aumento del pH, pero fue la época donde se presentaron las menores concentraciones. Por otra parte, la Provincia de British Columbia (Canadá) estableció para la preservación de la vida acuática marina en condiciones de salinidad, temperatura y pH relativamente similares a las de la bahía (30‰, 25°C, 8 respectivamente) la concentración de 750 µg/l de Nitrógeno de origen amoniacal (promedio 5-30 días) y 5.000 µg/l (concentración máxima), o sea 964 µg/l NH_4 y 6.428 µg/l NH_4 respectivamente. Se sobrepasó el primer valor en E1 durante la época de transición.
Nitrógeno proveniente de nitritos, nitratos y amonio/Amoníaco	Durante el periodo de transición, la estación E1 presentó un alto riesgo de eutroficación (sabiendo sin embargo que el Fósforo es el factor limitante en este caso), ya que la concentración de Nitrógeno proveniente de los nitritos, nitratos y Nitrógeno amoniacal estuvo en 4,7 mg/l N. Durante la misma época, las demás estaciones también presentaron concentraciones de Nitrógeno susceptibles de sostener procesos de eutroficación, aunque con un nivel de riesgo más bajo, al igual que durante la época lluviosa en las estaciones E1, E3, E4 y E7. Durante la época seca, a priori no se presentó ningún riesgo al respecto, por la disminución del 72% de la concentración de Nitrógeno proveniente del Nitrógeno amoniacal, de los nitritos y de los nitratos.

Grasas y aceites	Los resultados registrados en la época de transición variaron entre 5,22 y 80,7 mg/l, presentando su valor más alto en la estación E10. Para la época lluviosa la concentración promedio de grasas y aceites en la bahía fue 3,6 mayor (28,46-123,33 mg/l), probablemente producto de la escorrentía de aguas domésticas e industriales, explicación consecuente con los muy bajos niveles registrados durante la época seca (≤1,13 mg/l). En general el comportamiento de las grasas y aceites no se puede relacionar con los patrones de corrientes de la bahía, ya que estos valores se deben a la presencia de manchas de aceite a la deriva, producto de vertidos ocasionales no reportados y por ende difíciles de cuantificar.
Hidrocarburos	Los hidrocarburos dispersos y disueltos (HDD) constituyen la fracción más soluble y tóxica de los hidrocarburos petrogénicos, compuesta por los hidrocarburos aromáticos totales. La norma internacional para aguas marinas y costeras no contaminadas estableció el valor límite de 10 µg/l (Atwood et al., 1988, UNESCO, 1984)[51]. Los valores encontrados fueron relativamente bajos respecto a estudios realizados en Cartagena por Garay[52] (1992), presentándose durante las épocas lluviosa y seca una disminución promedia del 70% respecto a la época de transición (Playa de Manzanillo: 0,19-8,74 µg/l; Playa Blanca: 0,07-2,46 µg/l) y el INVEMAR (2007)[53] (Bahía de Cartagena: 0,01-49,4 µg/l). La identificación de mezcla compleja no resuelta (UCM) y la relación UCM/∑n-alcanos mayores a 10 son indicadores de la entrada constante de hidrocarburos petrogénicos, ya sea en pequeñas cantidades: la primera condición se observó durante las épocas lluviosa y seca en todas las estaciones; la segunda se observó en 6 estaciones en la época lluviosa y en 4 en la época seca, con índices menores, lo cual sugiere la importancia de las aguas de escorrentía en estos aportes.
Cianuros totales, cianuro libre, cianatos	Cianuros totales: Los registros de cianuros totales en todas las estaciones fueron inferiores al límite de detección del método analítico (2 µg/l) durante los 3 monitoreos. Cianuro libre: Las concentraciones de cianuro libre – la forma tóxica para los peces – quedaron entonces necesariamente por debajo de 2 µg/l. Cianatos: Los cianatos se encontraron en niveles muy bajos y no tóxicos para los peces durante la época de transición y por debajo del nivel de detección durante los siguientes monitoreos.

[51] Estándar citado en Anexo 3.3, informe final INVEMAR, 2008.
[52] GARAY, J.A, CASTRO, L.A. y OSPINA, C. Contaminación por hidrocarburos derivados del petróleo en el litoral Caribe colombiano, Cispata hacia Rioacha. En: Bol. Cient. CIOH, Cartagena No. 10 (1992); páginas 13-26. Citado en Anexo 3.3, informe final INVEMAR, 2008.
[53] INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS "JOSÉ BENITO DE ANDRÉIS" – INVEMAR. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano: informe técnico final. Santa Marta: INVEMAR, 2007. Citado Anexo 3.3, informe final INVEMAR, 2008.

Conclusiones del monitoreo de calidad de agua de INVEMAR – época de transición, época lluviosa y época seca:

Los registros de los parámetros físico-químicos de la columna de agua en todas las estaciones de monitoreo se consideran típicos de aguas costeras, bajo la influencia de actividades antropogénicas.

Los resultados permitieron verificar la estratificación de la columna de agua en dos capas. La primera masa de agua superficial caracterizada por registrar mayores temperaturas, pH y contenidos de Oxígeno disuelto y menores valores de conductividad y salinidad, comportamiento típico de condiciones estuarinas regidas por los aportes del canal del Dique y la escorrentía de las aguas lluvias. La masa de agua subyacente conformada por los estratos medio y profundo, caracterizados por registrar mayores salinidades y menores temperaturas (mayor densidad), pH y menores contenidos de Oxígeno, condiciones típicas de aguas oceánicas confinadas con un tiempo de renovación grande.

Los campos de distribución de los parámetros físico químicos evidencian la influencia de la pluma de turbidez del Canal del Dique y su sectorización espacial de acuerdo con la ubicación y profundidad de las estaciones, observándose una fuerte dispersión de los valores entre las mismas.

Se observaron diferencias significativas durante la época lluviosa respecto a la época seca:

- Una disminución de la temperatura superficial y un ligero incremento del pH, sobre todo de fondo.

- El mayor aporte de materia orgánica a la Bahía, producto de la escorrentía, que se tradujo por un aumento significativo de la DBO_5, DQO, Nitrógeno amoniacal, nitratos y aceites y grasas y una disminución significativa del Oxígeno disuelto y de la saturación de Oxígeno. La relación DQO/DBO_5 en todas las estaciones indica el origen doméstico de la contaminación.

- Un importante aumento de la concentración de sólidos suspendidos, por aportes de material de origen terrígeno, que llegan a la Bahía transportadas por el canal del Dique y las aguas de escorrentía locales.

La época de transición mostró tendencias respecto a los otros 2 periodos difícilmente explicables y previsibles, precisamente por las variaciones en las condiciones climáticas que caracterizan este periodo. Los valores registrados generalmente no se encontraron en niveles intermedios entre los de la época seca y de la época lluviosa; así durante el periodo de transición se registraron en forma significante:

- Las menores concentraciones de DBO_5.

- Los mayores índices DQO/DBO_5.

- Las mayores concentraciones de Nitrógeno, que sea proveniente de los nitritos, nitratos o Nitrógeno amoniacal.

- Las mayores concentraciones de hidrocarburos dispersos y disueltos.

3.2.5.2 Acuífero

Se adelantó un estudio para determinar la potencial contaminación del agua subterránea en los predios de la Refinería, siendo importante anotar que las mismas por lo general se corresponden con aguas freáticas que corresponden a la cuña salina de penetración del mar. Esta es un agua con alto grado de salinidad, no apta para consumo humano según la clasificación reglamentaria. Para los efectos, el estudio adelantado por *URS Corporation* para la REFICAR comprendió las siguientes actividades principales[54]:

1. Reconocimiento e inspección visual del estado de los pozos de monitoreo existentes en las distintas áreas del sitio y documentación fotográfica.

2. Medición de niveles estáticos de aguas y de profundidades actuales en los pozos de monitoreo en funcionamiento (un total de 23) y medición de espesores de producto libre en aquellos donde éste se registrada como presente (3 pozos).

3. Limpieza, desarrollo, purga y recolección de muestras de 20 pozos para el análisis químico de TPH (Método TX 1005) y Aceites y Grasas (Método 1664 EPA) en 22 muestras (incluye 2 duplicados) y adicionalmente VOCs (EPA 624), SVOCs (EPA 625 y 8270) y Metales Contaminantes Prioritarios (13 PPL list) para 11 de las muestras (incluye un duplicado).

4. Análisis de laboratorio de muestras de aguas subterráneas.

5. Levantamiento topográfico de los pozos y localización geográfica.

6. Evaluación e interpretación de la información recolectada. El trabajo de campo fue realizado por personal de *URS* con el apoyo de personal de REFICAR entre el 19 y 30 de noviembre de 2007.

Para los fines descritos, se encontró que en la Refinería existen 23 pozos que pueden ser habilitados para el monitoreo de aguas subterráneas (véase Tabla 3-22); de estos, 18 pozos de monitoreo están correctamente protegidos e identificados y los restantes 5 pozos

[54] *URS* Corporation, *Investigación Ambiental Fase II - Instalaciones Refinería Cartagena* - Refinería Cartagena S.A. (REFICAR) - Informe Final 2007.

requieren de medidas menores de protección y/o identificación. Adicionalmente, existen dos pozos tapados con tierra y/o enterrados (PM17 y PM20) y no resulta recomendable su rehabilitación, puesto que en caso de ser requerido, sería preferible perforar nuevos pozos,.

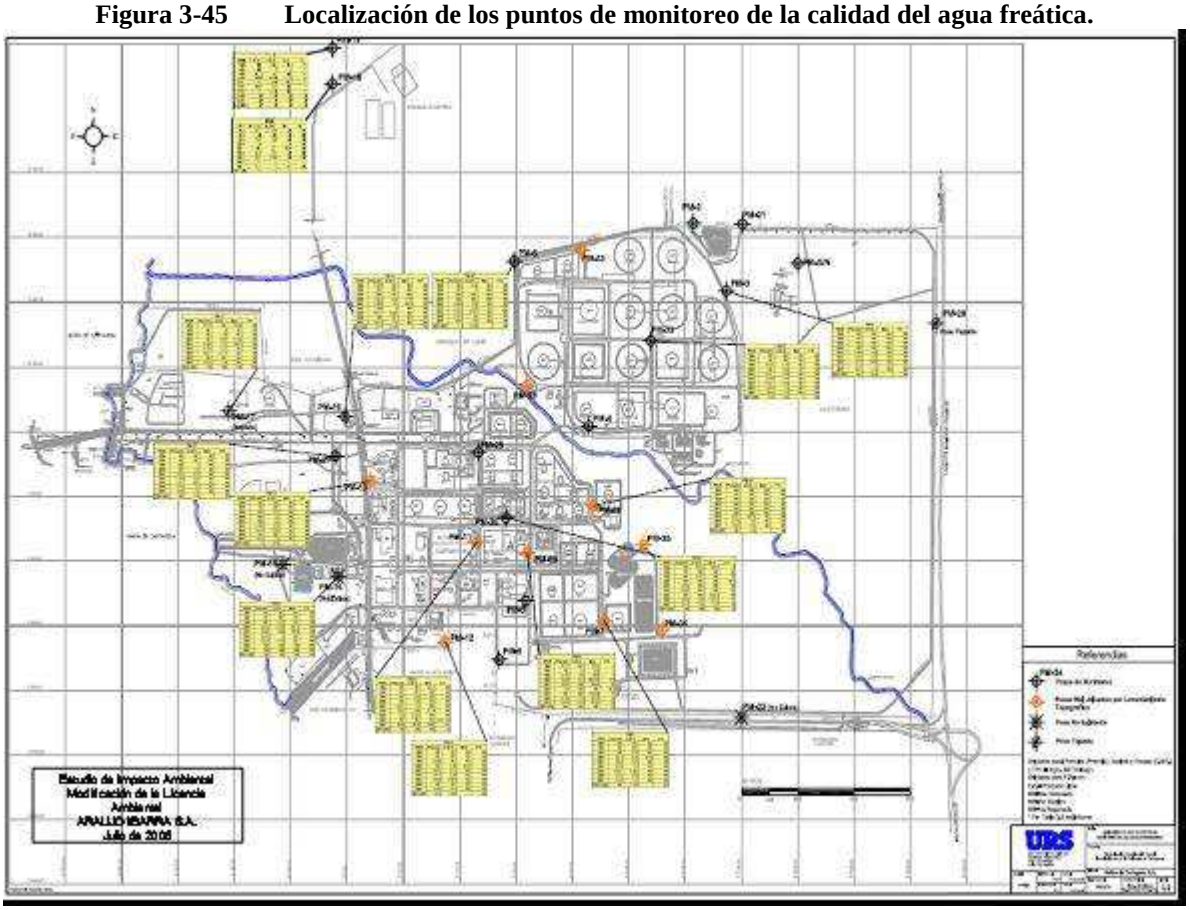
Tabla 3-22 Evaluación del Estado de los Pozos de Monitoreo a Noviembre de 2007

No.	Pozo	Area de Ubicación	Estado del Pozo
1	PM1	Noreste, landfarming	Bueno, no cuenta con casing ni barreras de Proteccion ni con placa de identificación
2	SN	Noreste, landfarming	Bueno, no cuenta con casing ni barreras de Proteccion ni con placa de identificación
3	PM13	Centro oeste, area de parqueadero interno	Bueno, cuenta con casing, barreras de proteccion y con plaqueta de identificación.
4	PM7	Sudeste, sector de pozas de agua dulce	Bueno, cuenta con casing, barreras de proteccion y con plaqueta de identificación.
5	PM35	Sudeste, sector de pozas de agua dulce	Bueno, cuenta con casing, barreras de proteccion y con plaqueta de identificación.
6	PM34	Sudeste, sector de pozas de agua dulce	Bueno, cuenta con casing, barreras de proteccion y con plaqueta de identificación.
7	PM24	Sudeste, sector de tanques de nafta importada	Bueno, cuenta con casing, barreras de proteccion y con plaqueta de identificación.
8	PM8	Sud centro, al sur de la planta viscoreductora	Bueno, no cuenta con casing ni barreras de proteccion ni con plaqueta de identificación
9	PM25	Centro, área de tanques de querosene	Bueno, cuenta con casing, barreras de proteccion y con plaqueta de identificación.
10	PM28	Norte centro, esquina suroeste de area de tanques 1000	Bueno, cuenta con casing, barreras de proteccion y con plaqueta de identificación.
11	PM5	Norte centro, esquina noroeste de area de tanques 1000	Bueno, cuenta con casing, barreras de proteccion y con plaqueta de identificación.
12	PM33	Norte, extremo de la valla límite	Bueno, cuenta con casing, barreras de proteccion y con plaqueta de identificación.
13	PM2	Noreste, Estanque aguas lluvias	Bueno, cuenta con casing, barreras de proteccion no cuenta con plaqueta de identificación.
14	PM3	Noreste, area tanques 1000	Bueno, cuenta con casing, barreras de proteccion y con plaqueta de identificación. La barrera de protección se encuentra dañada.
15	PM21	Noreste, landfarming	Bueno, cuenta con casing, barreras de proteccion y con plaqueta de identificación.
16	PM23	Noreste, centro de area de tanques 1000	Bueno, cuenta con casing, barreras de proteccion y con plaqueta de identificación.
17	PM4	Norte, al sudoeste del area de tanques 1000	Bueno, cuenta con casing y barreras de proteccion no cuenta con plaqueta de identificación
18	PM12	Suroeste, cerca de límite con Abocol	Bueno, cuenta con casing, barreras de proteccion y con plaqueta de identificación.
19	PM27	Centro oeste, en instalaciones de la PTAR	Bueno, cuenta con casing, barreras de proteccion y con plaqueta de identificación.
20	PM16	Centro oeste, en instalaciones de la PTAR	Bueno, cuenta con casing, barreras de proteccion y con plaqueta de identificación.
21	PM26	Centro este, área de planta de tratamiento	Bueno, cuenta con casing, barreras de proteccion y con plaqueta de identificación.
22	PM10	Centro sud este, área de planta de tratamiento	Bueno, cuenta con casing, barreras de proteccion y con plaqueta de identificación.
23	PM11	Centro sud, área de plantas de cracking	Bueno, no cuenta con casing ni barreras de proteccion ni con plaqueta de identificación.
24	PM20	Noreste, extremo noreste	Tapado, cuenta con casing, barreras de protección y plaqueta de identificación.
25	PM22	Sudeste	No se encontró. De acuerdo a personal del ICP, este pozo habría sido destruido.
26	PM9	Centro sud	No se encontró. De acuerdo a personal del ICP, este pozo habría sido destruido.
27	PM17	Extremo oeste, instalaciones de PTAR	Tapado, cuenta con casing, barreras de protección y plaqueta de identificación que se encuentran enterrados por sedimentos en zona de inundación
28	PM14	Centro oeste, al sud del skimpond, instalaciones de PTAR.	No se encontró. De acuerdo a personal del ICP, este pozo habría sido destruido.
29	PM15	Centro oeste, al sudoeste del skimpond, instalaciones de PTAR.	No se encontró. De acuerdo a personal del ICP, este pozo habría sido destruido.

Fuente: *URS*, Investigación Ambiental Fase II – Instalaciones Refinería Cartagena S.A. (REFICAR) Informe final. 2008

En la figura siguiente se ilustra la ubicación de los pozos reseñados. (ver plano 3-6. Ubicación de los puntos de monitoreo de la calidad del agua freatica).

Figura 3-45 Localización de los puntos de monitoreo de la calidad del agua freática.



Fuente: *URS*, Investigación Ambiental Fase II – Instalaciones Refinería Cartagena S.A. (REFICAR) Informe final. 2008

El análisis de los pozos presenta las siguientes condiciones:

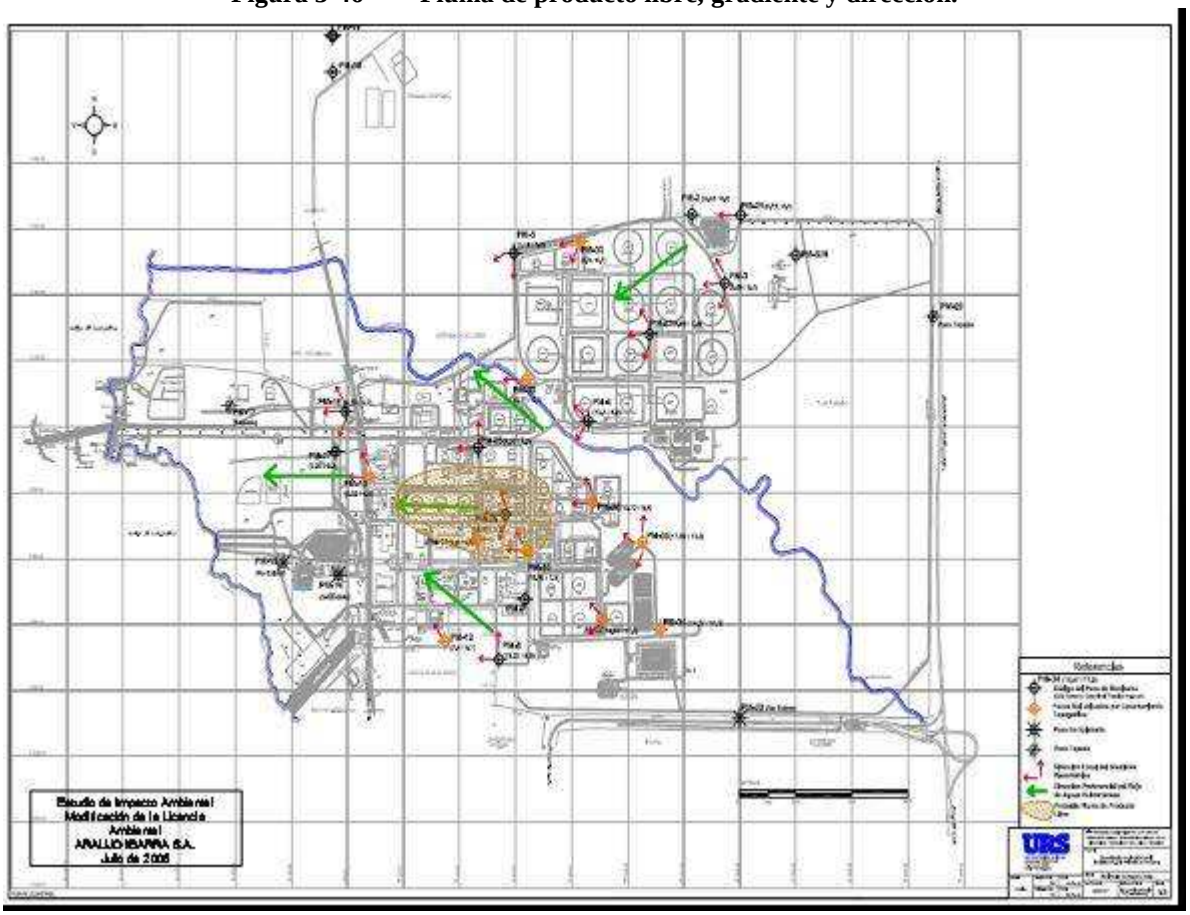
- La salinidad de las aguas subterráneas, definida por la conductividad eléctrica, excluye definitivamente el uso de estas aguas como aguas aptas para el consumo humano, a no ser que se establezcan tecnologías de remoción de sales.
- En forma general, la contaminación de las aguas subterráneas en la red de pozos de monitoreo por TPH, Aceites y Grasas, VOCs y SVOCs es mínima y solo existen indicios de presencia de algunas trazas de compuestos en los pozos PM35, PMSN, PM13, PM5 y PM12.
- Existe Producto Libre en los pozos PM10, PM11 y PM26, con espesores medidos en Noviembre de 2007 de 0,23, 0,62 y 0.13 m respectivamente. Este producto libre ha sido detectado y reportado a las autoridades por ECOPETROL previamente en estos mismos

pozos desde el año 1998, con lecturas de espesores variables de incluso más de 2 metros en el PM 11, específicamente en el año 2006.

- Los niveles de agua freáticos en los pozos varían entre 2,3 y 13,6 msnm, en tanto que las profundidades del nivel del agua medida desde el nivel del terreno varía entre los 0,48 y 4,64 metros.
- Como resultado de la investigación, se corrobora un flujo de aguas freáticas en dirección prevaleciente este – oeste, con probables aportes desde la dirección sudeste – noroeste, desde el área más alta de las instalaciones (sector de las pozas de agua dulce) y también, probables aportes en dirección noreste – suroeste del área de los Tanques 3000.
- En caso de existir desplazamiento de la pluma de producto libre, la dirección probable correspondería a la mostrada en la Figura 3-46 (este – oeste).
- Debido a la escasa densidad de pozos de monitoreo, no es posible establecer el alcance y tamaño real de la pluma. Tampoco es posible establecer si actualmente existe alguna fuente activa de fuga de producto hacia las aguas subterráneas.
- Con los datos disponibles no es posible establecer la velocidad del desplazamiento de la pluma.

Del estudio se concluye entonces que, sin duda, el único problema de eventual contaminación de las aguas freáticas en los terrenos de la Refinería de Cartagena se registra con la presencia de una pluma de contaminación de Producto Libre, detectada desde aproximadamente el año 1998 en los pozos PM10, PM11 y PM26, con espesores variables en el tiempo, entre 0,12 cm. y más de 2,0 metros. Los espesores de Producto Libre medidos en Noviembre de 2007 en dichos pozos fueron de 0,23, 0,62 y 0,13 m respectivamente. Esta pluma de producto libre se ilustra y esquematiza en la Figura 3-46 siguiente y plano 3-7:

Figura 3-46 Pluma de producto libre, gradiente y dirección.



Fuente: *URS*, Investigación Ambiental Fase II – Instalaciones Refinería Cartagena S.A. (REFICAR) Informe final. 2008

3.2.5.3 Calidad ambiental de los sedimentos de la Bahía

Fuera del material sedimentario de origen terrestre aportado a la Bahía, en su lecho se vierten una importante cantidad de materia orgánica y otros desechos, principalmente por las aguas del Canal del Dique, los vertidos de alcantarillado sanitario y pluvial de Cartagena y la escorrentía de las aguas lluvias y negras no controladas aún.

Dentro de los contaminantes con mayor significancia encontrados en los sedimentos de la Bahía de Cartagena, mismos que han sido reportados por los estudios realizados durante las décadas de los 80 y 90, figuran los metales pesados provenientes principalmente de los vertimientos industriales y de la descarga de las aguas del Canal del Dique, registrando

concentraciones de Mercurio entre 0,05 a 0,77 µg/g, Cadmio entre 0,15 a 1,44 µg/g, Cobre entre 0,18 a 19,3 µg/g y Hierro entre 160 a 1444 µg/g.[55]

Otros de los contaminantes encontrados en años anteriores al 2000 en los sedimentos de la bahía son los hidrocarburos aromáticos, para los que se registraron en su momento concentraciones entre 0,58 - 400 µg/g, encontrándose las mayores concentraciones frente a la zona de influencia del punto de descarga industrial de ECOPETROL. Estos valores pueden ser considerados significativos de continuarse su aporte, al compararlos con concentraciones registradas de entre 200 - 1000 µg/g, reportadas para algunas zonas del Golfo de México y de la Bahía de New York. [56]

Sin embargo, para determinar el estado actual, se cuenta con los resultados de los monitoreos de las variables físico químicas de los sedimentos realizado por el INVEMAR al mismo tiempo que se midió la calidad del agua de la Bahía de Cartagena.

Caracterización litológica de los sedimentos y su estado de contaminación

Con el propósito de contar con una información actualizada y confiable de las condiciones ambientales de la Bahía de Cartagena, el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andreís" – INVEMAR, como se mencionó anteriormente, fue contratado para realizar un monitoreo ambiental, el cual incluyó también, un componente fisicoquímico de evaluación de la calidad de los sedimentos (capa superficial), en la zona de influencia del sistema de vertimiento de la Refinería de Cartagena S.A.

Conforme se anotó previamente, además de los resultados que aquí se presentan, los monitoreos se plantearon para realizarse en las tres épocas climáticas que se presentan en la región Caribe (seca, transición y lluviosa). En esta sección se registran, analizan y comparan los resultados del componente sedimentos, producto de los muestreos adelantados entre el 2 y el 5 de agosto de 2007, correspondiente a la época climática de transición, entre el 20 y el 23 de noviembre de 2007, correspondiente a la época lluviosa, y entre el 27 y el 30 de marzo de 2008, correspondiente a la época seca. Los 3 monitoreos permitieron evaluar los siguientes parámetros: granulometría (gradación de finos), materia orgánica, Carbono total, Carbono inorgánico, Nitrógeno total, Mercurio, Cadmio, Níquel.

Para la toma de muestras en cada una de las 11 estaciones señaladas, se empleó una draga tipo Van Veen de aproximadamente 0,04 m² de cubrimiento, 17 Kg de peso y penetración de 40 cm., retirando del centro del balde las muestras para evitar recoger los sedimentos

[55] GARAY, J.A. el al, Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la contaminación y protección de la calidad de las aguas marinas y costeras. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Adréis". Tomo I y II. Santa Marta: INVEMAR, 2001.
[56] GARAY, J.A. el al, Óp. cit. 2001.

que entraron en contacto con las paredes metálicas de la draga. Una vez recolectadas, las muestras fueron preservadas, congeladas y transportadas bajo cadena custodia al INVEMAR, en donde se le realizaron los análisis de laboratorio señalados, siguiendo los estándares internacionales y requisitos legales de monitoreo en sedimentos (IGAC, 1990; FAO, 1984; Garay et al., 2003), aplicando adaptaciones de los métodos reportados en el *Standard Methods* (2005)[57] para aguas y sedimentos.

Tabla 3-23 Métodos analíticos utilizados para la caracterización de los sedimentos

Parámetro	Laboratorio	Método analítico
Lomos y arcillas, arenas	INVEMAR	Gravimétrico (dispersión en hexametafosfato de sodio y cribado en diferentes tamices; Dewis y Freitas (1984)).
Materia orgánica	INVEMAR	Gravimetría (Buchanan, 1984).
Carbono total	INVEMAR	Analizador de elementos.
Carbono inorgánico	INVEMAR	Gasométrico según Barnard (Holme y McIntyre, 1971).
Nitrógeno total Kjeldahl	INVEMAR	NTK (IGAC, 1990; Chapman 1973).
Mercurio	INVEMAR	Extracción débil (biodisponible); lectura en espectrofotometría de plasma.
Cadmio	INVEMAR	Extracción débil (biodisponible); lectura en espectrofotometría de plasma.
Níquel	INVEMAR	Extracción débil (biodisponible); lectura en espectrofotometría de plasma.

Localización de las estaciones de monitoreos:

Como se reportó, las estaciones de monitoreos, corresponden a las mismas 11 estaciones utilizadas para el monitoreo de la calidad del agua de la Bahía de Cartagena, que se georeferencian a continuación, mostrando la profundidad de la toma de la muestra.

[57] GREENBERG, A., L. CLESCERI y A.D. EATON. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. Washington, D.C.: 1998. 1230 páginas. APHA/AWWA/WEF. 21st ed. Washington, D.C.: 2005.

Tabla 3-24 Localización geográfica y profundidad de las estaciones de monitoreo de sedimentos de la Bahía de Cartagena

Estaciones		Longitud Oeste	Latitud Norte	Profundidad (m)
INVEMAR	E1	75°30’15,54’’	10°18’05,22’’	4,5
	E2	75°30’48,11’’	10°18’37,45’’	16,5
	E3	75°30’50,27’’	10°19’11,35’’	12,5
	E4	75°30’51,59’	10°19’41,75’’	7,70
	E5	75°30’53,92’’	10°20’15,48’’	14,5
	E6	75°32’25,46’’	10°20’15,81’’	26,9
	E7	75°31’53,40’’	10°19’43,25’’	26,3
	E8	75°31’21,83’’	10°19’12,01’’	20,8
	E9	75°31’20,50’’	10°18’09,71’’	15,7
	E10	75°31’52,24’’	10°17’39,30’’	16,0
	E11	75°32’23,47’’	10°17’09,73’’	11,6

Las coordenadas se dan en el sistema de referencia Magna.

Resultados de los monitoreos:

En la Tabla 3-25 se presentan los resultados de las 11 estaciones del INVEMAR. Los resultados de los 3 monitoreos del INVEMAR también se presentan en forma de gráficos (Figura 3-47 a Figura 3-53).

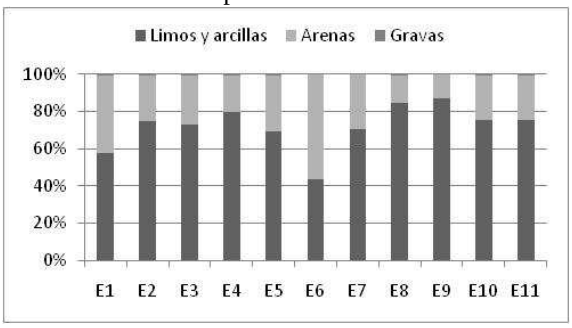
Tabla 3-25 Resultados de laboratorio para las muestras superficiales de sedimentos de la Bahía de Cartagena (INVEMAR)

Parámetro		Unidad	Periodo	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	Mín.	Máx.	Prom.
Granulometría	Limos y arcillas (< 63µm)	%	T	58,60 (AL)	88,14 (AL)	85,76 (LA)	76,50 (LA)	68,70 (LA)	73,56 (LA)	93,10 (AL)	91,56 (AL)	96,84 (AL)	93,16 (AL)	82,46 (AL)	58,60	96,84	82,58
			L	57,62 (LA)	74,88 (LA)	73,24 (L)	79,56 (L)	69,32 (L)	43,70 (AFL)	70,44 (AFL)	84,63 (L)	86,84 (L)	75,34 (L)	75,58 (L)	43,70	86,84	71,90
			S	91,00 (L)	98,49 (L)	99,38 (L)	97,28 (L)	96,34 (L)	92,71 (L)	83,44 (L)	96,43 (L)	96,04 (L)	98,07 (L)	96,97 (L)	83,44	99,38	95,11
	Arenas (63-2000 µm)	%	T	30,94	11,86	14,24	23,42	31,16	26,44	6,90	8,42	3,16	6,66	17,30	3,16	31,16	16,41
			L	41,72	25,10	26,70	20,40	30,52	56,30	29,56	15,33	13,16	24,64	24,40	13,16	56,30	27,98
			S	8,34	1,49	0,56	2,68	3,50	7,29	16,56	3,55	3,96	1,77	2,95	0,56	16,56	4,79
	Gravas (≥ 2000 µm)	%	T	10,46	0,00	0,00	0,08	0,14	0,00	0,00	0,02	0,00	0,18	0,24	0,00	10,46	1,01
			L	0,66	0,02	0,06	0,04	0,16	0,00	0,00	0,04	0,00	0,02	0,02	0,00	0,66	0,09
			S	0,66	0,02	0,06	0,04	0,16	0,00	0,00	0,02	0,00	0,16	0,08	0,00	0,66	0,11
Materia orgánica		%	T	7,35	7,20	7,90	8,20	8,85	8,35	7,40	7,10	6,75	7,60	7,05	6,75	8,85	7,61
			L	6,72	5,31	6,34	6,44	6,48	6,53	6,02	5,75	6,23	6,34	6,10	5,31	6,72	6,21
			S	5,70	2,75	4,15	3,25	3,00	3,65	2,95	3,34	2,90	2,80	3,45	2,75	5,70	3,45
Carbono total		%	T	7,35	4,44	4,56	4,60	6,28	4,82	4,41	4,68	4,37	4,43	4,68	4,37	7,35	4,97
			L	1,07	0,44	0,55	0,87	1,38	0,49	0,41	0,48	0,53	0,45	0,59	0,41	1,38	0,66
			S	6,83	6,19	8,03	7,35	7,88	7,03	6,13	6,58	6,15	5,82	6,05	5,82	8,03	6,73
Carbono inorgánico		%	T	1,45	0,16	0,35	0,49	1,01	0,62	0,71	0,68	0,13	0,31	0,43	0,13	1,45	0,58
			L	0,64	0,29	0,39	0,69	1,08	0,27	0,08	0,18	0,21	0,25	0,28	0,08	1,08	0,40
			S	1,01	0,15	0,72	0,52	1,96	0,8	0,22	0,19	0,25	0,11	0,44	1,01	0,15	0,72
Nitrógeno total Kjeldahl		mg/Kg.	T	454,6	1.416,1	1.547,4	1.315,8	1.440,7	1.598,8	1.294,3	1.380,9	1.515,9	1.451,4	1.385,1	454,6	1.598,8	1.345,5
			L	618,8	676,8	640,7	586,3	718,3	718,5	728,2	646,1	721,7	774,5	676,8	586,3	774,5	682,4
			S	2.082	1.893	2.476	2.237	2.389	2.132	1.859	1.992	1.862	1.762	1.833	1.762	2.476	2.047
Mercurio		µg/Kg.	T	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
			L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
			S	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cadmio		mg/Kg.	T	0,5666	0,3633	0,3233	0,1167	<0,0367	0,1866	0,4532	0,6032	0,7332	0,9464	0,3833	0,1167	0,9464	0,4676
			L	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
			S	0,6351	0,3627	<0,04	0,0596	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	0,3945	0,3730	0,2332	0,0596	0,6351	0,3430
Níquel		mg/Kg.	T	1,6131	5,2395	4,4691	3,4930	<0,0233	3,1996	5,1786	5,7549	7,2055	6,4616	5,6731	1,6131	7,2055	4,8288
			L	0,02	1,71	0,87	0,02	0,02	0,55	1,59	1,88	1,89	1,91	1,32	0,0200	1,9100	1,0709
			S	1,7934	3,4810	2,1983	1,9616	< 0,02	0,3599	1,5431	1,5797	4,1534	4,5987	3,7044	0,3599	4,5987	2,5374

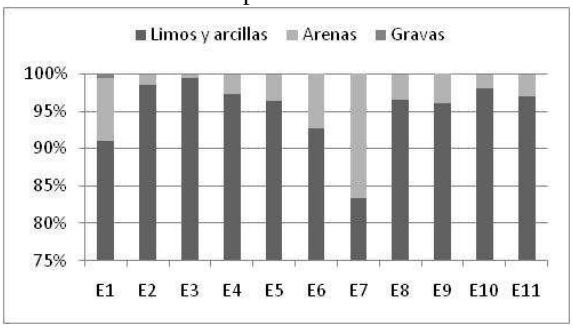
AL = areno limoso; LA = limo arenoso; L = limo; AFL = arenas finas limosas.

Figura 3-47 Composición granulométrica de los fondos colectados en los sedimentos de la Bahía de Cartagena

Época lluviosa



Época seca



Época de transición

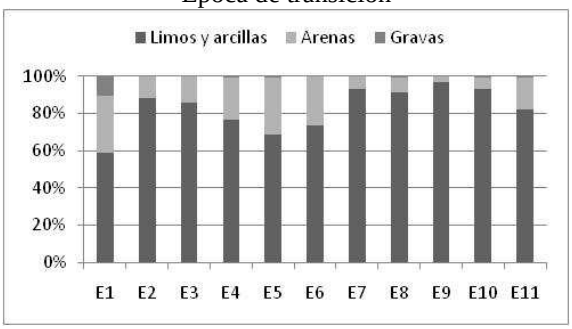


Figura 3-48 Materia orgánica en los sedimentos de la Bahía de Cartagena

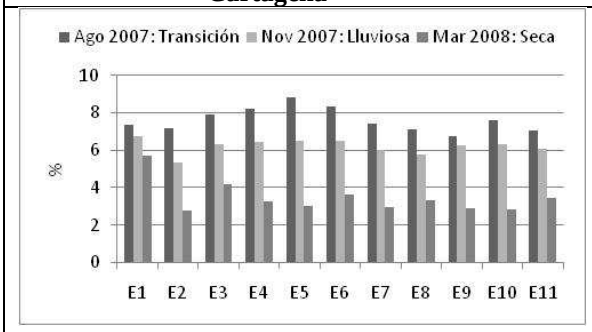


Figura 3-49 Nitrógeno total Kjeldahl en los sedimentos de la Bahía de Cartagena

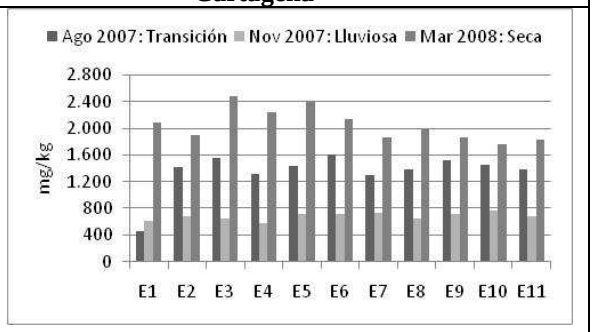


Figura 3-50 **Carbono total en los sedimentos de la Bahía de Cartagena**

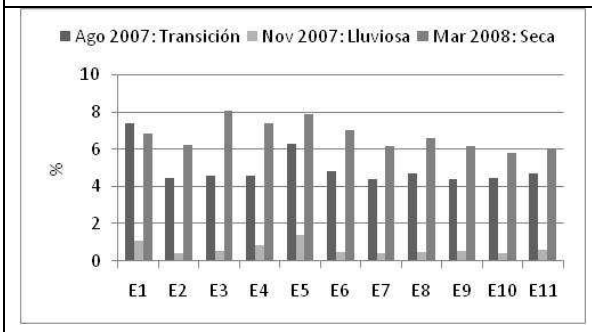


Figura 3-51 **Carbono inorgánico en los sedimentos de la Bahía de Cartagena**

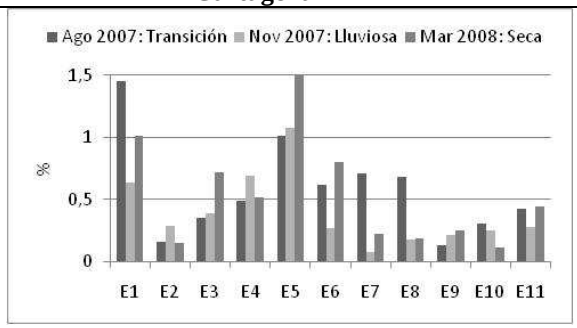


Figura 3-52 **Cadmio en los sedimentos de la Bahía de Cartagena**

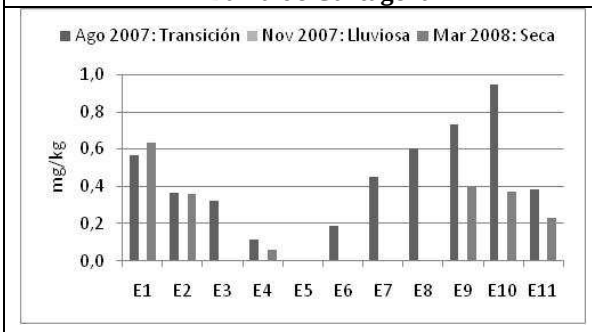
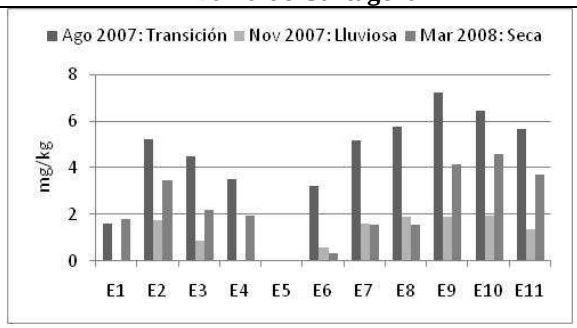


Figura 3-53 **Níquel en los sedimentos de la Bahía de Cartagena**



Análisis de los resultados:

Los resultados de laboratorio se compararon con los estándares de calidad de suelos del Estado de Louisiana (Estados Unidos)[58], los estándares de calidad para sedimentos sin efectos previstos para la vida acuática en aguas marinas del Canadá[59] y con los establecidos por la Lista Holanda para suelos y sedimentos no contaminados (*target value*)[60]. Estos estándares se usaron como referencia, al reconocer que la legislación colombiana no contempla valores límites en sedimentos o suelos, para ninguno de los parámetros evaluados (véase Tabla 3-26).

[58] Protocolo de Louisiana 29B.
[59] Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), "Canadian Environmental Quality Guidelines", capítulo 6, 2002.
[60] Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment (Netherlands), "*Circular on target values and intervention values for soil remediation*" (2000), usualmente llamada "*Holland List*". "*Target value*": Valor de referencia que indica que las concentraciones no tienen efectos significativos sobre el ecosistema y la salud humana. Considera la concentración natural en el suelo. Meta final cuando se busca descontaminar el suelo.

Tabla 3-26 Valores de referencia para las muestras de sedimentos

Parámetro	Unidades	Protocolo de Louisiana 29B	Lista Holanda	Canadian Environmental Quality Guidelines
Níquel	mg/Kg.	-	35	-
Cadmio	mg/Kg.	10	0,8	0,7
Mercurio	mg/Kg.	10	0,3	0,13

A continuación se presentan las conclusiones relativas al monitoreo de la calidad de los sedimentos de la bahía de Cartagena:

Tabla 3-27 Análisis y consideraciones de los resultados de laboratorio de los sedimentos de la Bahía de Cartagena

Parámetro	Análisis y consideraciones de los resultados
Granulometría	Predominaron los limos y arcillas, más particularmente durante la época seca (83,4-99,4%). Los limos y arcillas son sedimentos muy compactos, susceptibles de disminuir la circulación de Oxígeno y la degradación de la materia orgánica y que ofrecen una mayor superficie específica disponible para la adsorción de contaminantes. La presencia en su mayoría de cienos y limos se debe principalmente al aporte de sedimentos provenientes del canal de Dique y de ciénagas adyacentes. La menor proporción observada durante la época lluviosa (43,7-86-4%) puede ser relacionada con el menor arrastre de sedimentos de fondo del Canal del Dique, debido a la mayor profundidad del canal. Durante la época de transición se presentan resultados intermedios. Concuerdan con estudios previos en la Bahía de Cartagena, en otros ambientes estuarinos como el Golfo de Morrosquillo, en la Ciénaga de la Virgen durante el período de transición y en la Bahía de Cispatá
Materia orgánica	Durante el periodo de transición, el porcentaje de materia orgánica registrado en todas las estaciones se encontró dentro de los valores reportados para la Bahía de Cartagena (Herrera, 1993)[61], observándose un incremento en el valor mínimo del porcentaje para las estaciones muestreadas; de igual manera se reportó para la Ciénaga de la Virgen y en la Bahía de Cispatá Durante la época lluviosa, se observó una disminución del contenido de materia orgánico respecto al periodo de transición; este comportamiento difiere de las observaciones históricas. La época seca es la que presenta los menores contenidos de materia orgánica.
Carbono total	Los valores encontrados se consideran típicos de sistemas estuarinos y ecosistemas de manglares (Baja California, México), donde se han reportado concentraciones entre 2,4 y 7,5%). Durante la época seca se observaron los valores más altos (10 veces mayores a los de la época lluviosa), lo que es consecuente con los contenidos de limos y cienos, aunque también puede estar relacionado con la disminución de material sedimentario de tipo inorgánico. Durante la época lluviosa, se observaron los valores más bajos, lo que resultó en una disminución de su importancia relativa en la materia orgánica (56,1-100% durante la época de transición a 6,8-21,3% durante la época lluviosa). Los resultados de la época de transición se situaron en niveles intermedios entre los de la época seca y los de la época húmeda.
Carbono inorgánico	Se observaron contenidos altos de Carbono inorgánico, que son una consecuencia natural debido al origen coralino de la Bahía de Cartagena. Para las 3 épocas, las concentraciones más altas se registraron en las estaciones E1 y E5. La disminución del 31% registrada durante la época lluviosa respecto a la época seca puede relacionarse con la importante disminución del Carbono total, aunque la importancia relativa del Carbono inorgánico en el contenido de Carbono total fue netamente superior durante la época lluviosa (1,9-24,9% a 19,5-79,3%). La época de transición mostró un comportamiento similar al de la época seca.

[61] HERRERA, J. Caracterización de la biocenosis macrozoobentónica de fondos blandos de la Bahía de Cartagena y su relación con algunos parámetros ambientales. Tesis de pregrado. Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano. 1993. 170 páginas.

Parámetro	Análisis y consideraciones de los resultados
Nitrógeno total Kjeldahl	Los mayores valores se registraron durante la época seca (3 veces mayores a los de la época lluviosa, durante la cual se presentaron los valores más bajos), lo cual es consecuente con la mayor proporción de limos y arcillas. Valores similares a los registrados durante los monitoreos se han encontrado en sistemas estuarinos y en ecosistemas de manglares.
Mercurio	Las concentraciones de Mercurio están por debajo del estándar fijado por Canadá (130 µg/Kg.), ya que se encontraron niveles no detectables.
Cadmio	Las mayores concentraciones se registraron durante la época de transición; en las estaciones E9 y E10 se encontraron concentraciones de Cadmio por encima del estándar fijado por Canadá (0,7 mg/Kg.). En E1 y E8 se observan valores altos aunque cumplen con el estándar. Durante la época lluviosa, las concentraciones de Cadmio en las 11 estaciones del INVEMAR quedaron por debajo del límite de detección analítico. Esta disminución podría estar relacionada con la disminución del contenido de limos y arcillas. La red de monitoreo CAM encontró en la Bahía concentraciones de hasta 0,99 mg/Kg. en el 2006. Durante la época seca las concentraciones en superficie quedaron en nivel intermedio, aparentemente que se presente contaminación.
Níquel	Las concentraciones de Níquel están netamente por debajo del estándar fijado por la Lista Holanda para suelos y sedimentos contaminados, presentándose las mayores concentraciones durante la época de transición. Durante la época lluviosa, se observó una disminución promedio del 76% de la concentración de Níquel respecto a la concentración en época de transición, que podría estar relacionada con la disminución del contenido de limos y arcillas.

Vale destacar que a nivel de los resultados obtenidos, se observaron diferencias significativas durante la época lluviosa respecto a la época seca así:

- Una disminución de la proporción de limos y cienos, probablemente causada por una disminución del arrastre de sedimentos de fondos del Canal del Dique, debido a su mayor profundidad en esta época climática.

- Una fuerte disminución de la concentración de Carbono total, una pequeña disminución del Carbono inorgánico y un importante aumento de su importancia relativa en el contenido total de Carbono.

- Una importante disminución del Nitrógeno Kjeldahl, mientras que en el agua la concentración de Nitrógeno amoniacal se incrementó.

Las variaciones de concentración del Carbono y del Nitrógeno en sedimentos se deben probablemente a la disminución de la proporción de limos y arcillas en la época lluviosa, debido a que ofrecen una mayor superficie específica disponible para la adsorción de contaminantes que las arenas.

La época de transición mostró tendencias intermedias respecto a los otros 2 periodos, lo que no se observó en calidad de agua; la explicación puede ser asociada con la mayor influencia del Canal del Dique en los procesos que se llevan a cabo en los sedimentos de la Bahía de Cartagena (por aportes de limos y arcillas), que se reconoce, son grandemente influenciados y en términos generales, son la consecuencia de los permanentes aportes del Canal del Dique a este sistema.

3.2.6 Usos del agua

Las aguas freáticas, por ser aguas de cuña salina, no tienen un uso posible para fines de potabilización, riego o uso industrial. Aparte de lo señalado, los principales usos del agua en la Bahía de Cartagena son los siguientes:

- Medio de transporte de carga.
- Cuerpo de agua receptor de aguas residuales industriales.
- Cuerpo de agua receptor de aguas residuales domésticas.
- Cuerpo de agua receptor de lixiviados de basuras.

Por lo anterior y como se mencionó, existe una veda de pesca en la Bahía de Cartagena desde el año 1990, que por estar vigente, restringe y prohíbe el desarrollo de actividades de pesca, no obstante reconocer que existe una significativa población de pescadores que desarrollan su actividad artesanal en la bahía, principalmente en los costados de Tierra Bomba y Barú, cuadrantes sur y sur occidental de la Bahía de Cartagena.

3.2.7 Hidrogeología

El acuífero en el área de la Refinería de Cartagena se reporta como pobre e influenciado por la cuña salina, haciendo que sus aguas sean salobres, de tipo bicarbonatada cálcica y clorurada sódica cálcica. Los caudales de explotación han sido calculados en el orden de los 4 l/seg., con una capacidad específica de promedio de 0,15 l/seg. /m.[62], al reconocer que los mismos son principalmente de tipo freático, siendo sus principales aportes las aguas de infiltración derivadas del cerro Albornoz, que precisamente recoge las escorrentías que drenan al Arroyo Grande. (ver plano 3-8).

3.2.8 Geotecnia

La Formación Arjona-Bayunca se comporta como una unidad moderadamente estable, dada la naturaleza blanda y fracturada de las rocas que la conforman. La topografía del área se caracteriza por ser plana, no hay evidencia que se presenten problemas de deslizamientos o socavaciones. (ver plano 3-9 topografía del área de influencia).

3.2.9 Atmósfera

3.2.9.1 Clima

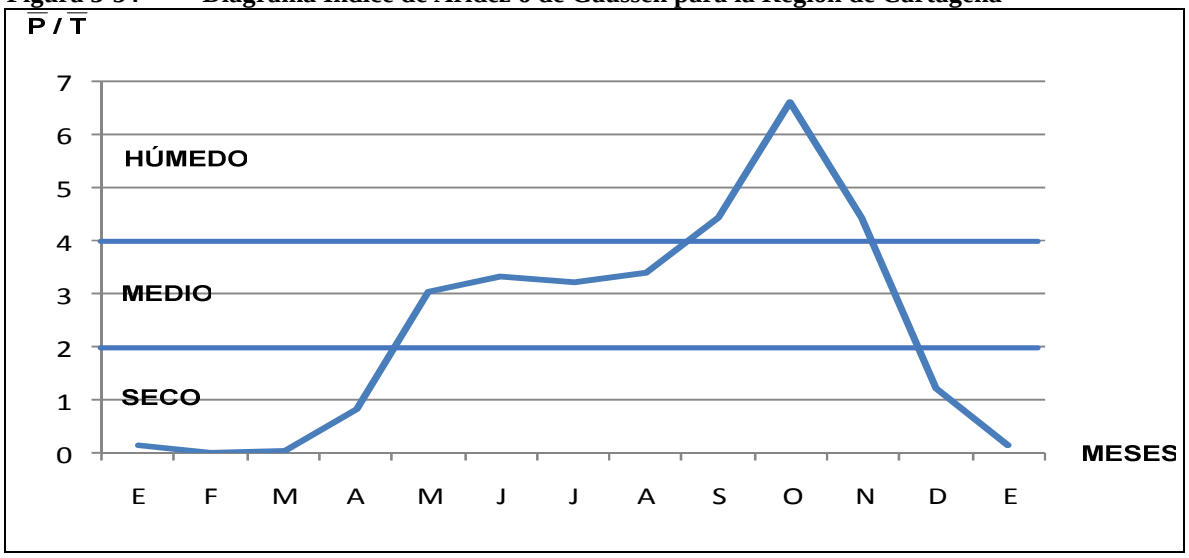
El clima en la región de Cartagena se encuentra bajo la influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI), con la variabilidad estacional de los vientos alisios del nordeste debido a los desplazamientos latitudinales de la ZCI.

En general, se caracteriza por ser un clima seco tropical, con una temperatura media mensual anual de 25,6 ºC y la ocurrencia de periodos climáticos seco, asociados a los regímenes de los vientos y el de las lluvias.

Para determinar los periodos climáticos se puede recurrir a emplear el índice de Aridez o de Gaussen[63] (P / T), en donde se relacionan los valores de temperatura y precipitación media mensual anual, encontrándose los siguientes resultados: (Véase Figura 3-54).

[62] CONSULTORES AMBIENTALES. Informe Final de Auditoria Relleno Sanitario de Henequén. Bogotá. 2007. p 14.
[63] Gaussen, Henri; Bagnouls, F. *Saison sèche et indice xerotermique*. Toulouse, Francia: Université de Toulouse, Faculté des Sciences, 1953.

Figura 3-54 Diagrama Índice de Aridez o de Gaussen para la Región de Cartagena[64]



Fuente: Gaussen, Henri; Bagnouls, F. *Saison sèche et indice xerotermique*. Toulouse, Francia: Université de Toulouse, Faculté des Sciences, 1953.

- Desde finales de diciembre hasta principios de abril se presenta un periodo seco, en donde los vientos alisios se intensifican y regularizan, alejando las lluvias y generando un clima fresco tropical. La pluviosidad en estos meses alcanza tan sólo valores medios mensuales de 5,3 mm, siendo febrero el mes más seco, registrando una pluviosidad media mensual de 0,3 mm. Los registros de temperatura media mensual es de 24,5 ºC.
- Entre principios de abril y finales de junio se presenta el primer periodo de lluvias, siendo menos intenso que el segundo, registrando una pluviosidad media mensual de 188,2 mm y una temperatura media mensual de 26,3 ºC. En el mes de julio, cuando los vientos alisios se intensifican y disminuye un poco la pluviosidad, se presenta un periodo de transición, conocido como veranillo de San Juan.
- Desde principios del mes de agosto hasta finales de diciembre se presenta el segundo periodo de lluvias, cuando éstas se intensifican, alcanzando una media mensual de 104,2 mm, siendo el mes de octubre el más lluvioso con un registro medio mensual de 171,2 mm. Los registros de temperatura indican un valor medio mensual de 25,8 ºC.

3.2.9.2 Régimen de los vientos

El régimen de los vientos para la región caribe en general está en función del desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical - ZCIT, entre los 5º S y los 15º N, siguiendo con un 'desfase" de unos dos meses la declinación solar. Cuando la zona de convergencia se encuentra al sur de Cartagena, se presenta el periodo seco y se registran los vientos alisios del norte, intensos y uniformes que llegan del noreste y del norte oscilando

[64] Datos IDEAM. Estación Meteorológica Aeropuerto Rafael Núñez. (1983-2005). Fuente: Fuente: SEA Gerencia ambiental Estratégica Ltda.2006.

con ondas tropicales de unos ocho días de periodo, alcanzando una velocidad media promedio de 4 m/s, con rachas que pueden sobrepasar los 10 m/s al mediar la tarde, pero cuando se presentan desplazamientos de frentes polares pueden sobrepasar los 13 m/s.[65]-[66]-[67] (Véanse Figura 3-55 a la Figura 3-58).

Durante el primer periodo de lluvias los vientos mantienen el predominio de las direcciones norte – noreste, registrando un decrecimiento en su intensidad. Al principio del periodo las velocidades medias alcanzan los 4 m/s, disminuyendo hasta finales del periodo donde se registran velocidades medias de 2,8 m/s. Al paso de las ondas tropicales, se pueden presentar rachas de viento que alcanzan los 10 m/s.[68] (Figura 3-55 a la Figura 3-58).

Durante el periodo de transición que normalmente se presenta en el mes de julio, los vientos mantienen una dirección predominante norte – noreste, rolando en dirección sureste – sur – suroeste, presentándose un cambio en la tendencia decreciente de su intensidad, incrementándose levemente hasta alcanzar velocidades medias de 3,5 m/s, con rachas que pueden superar los 8 m/s al paso de ondas tropicales.[69] (Figura 3-55 a la Figura 3-58).

[65] CENTRO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS E HIDROGRÁFICAS, Central de Pronósticos. Régimen de Vientos y Corrientes Bahía de Cartagena. Cartagena: CIOH, 2006.
[66] AGUILERA, J. et al. Estudio de Impacto Ambiental Dragado de Profundización Zona de Maniobras del Terminal Marítimo de Manga. Cartagena: SPRC. 2006.
[67] ANDRADE, C. Régimen de vientos. En: SOCIEDAD PORTUARIA CARBONES DEL CARARE S.A. Caracterización del área de influencia del Terminal. Plan de manejo ambiental del proyecto de reactivación y operación del terminal especializado en el manejo de carbón, ubicado en la Isla de Barú, en la bahía de Cartagena, entre Ciénaga Honda o profunda y la sección final del canal del dique. 2006. p.3-16.
[68] ARAUJO IBARRA. Óp. cit. 2007.
[69] Ibid.

Figura 3-55 Rosa de los vientos para la época seca. Aeropuerto Rafael Núñez

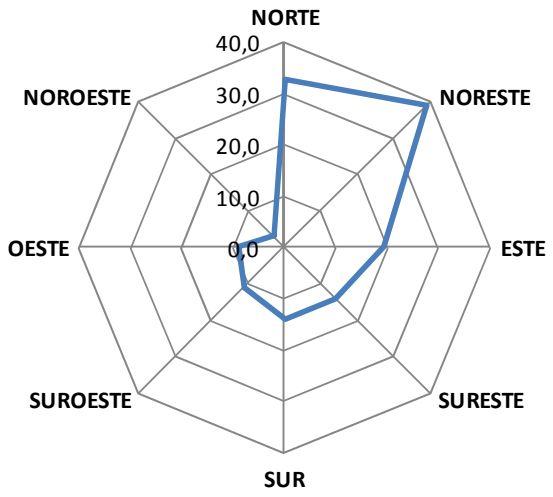


Figura 3-56 Rosa de los vientos para la primera época de lluvias. Aeropuerto Rafael Núñez

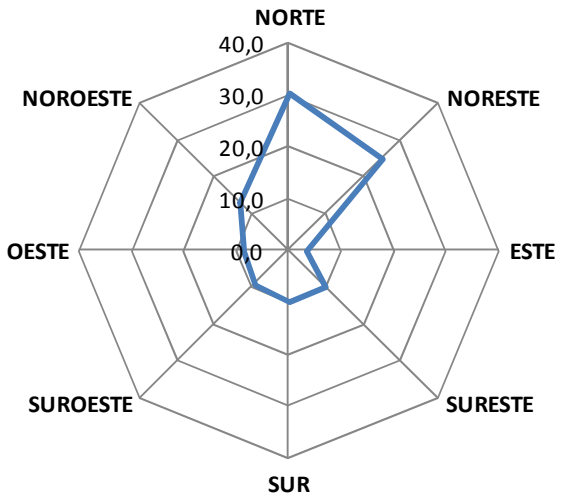


Figura 3-57 Rosa de los vientos para la época de transición. Aeropuerto Rafael Núñez

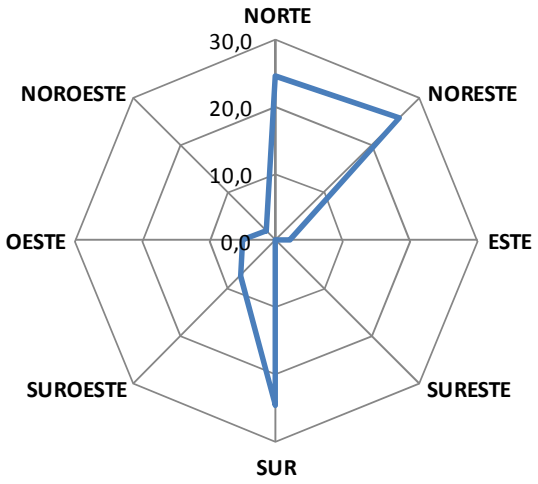
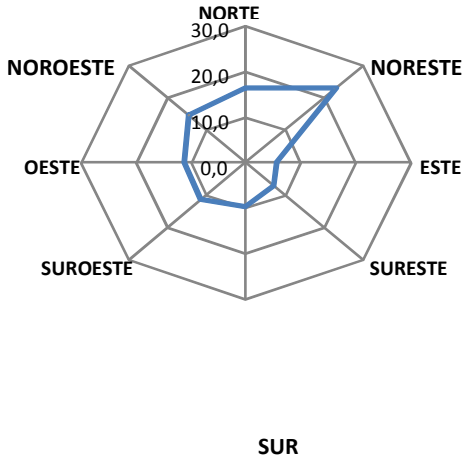


Figura 3-58 Rosa de los vientos para la segunda temporada de lluvias. Aeropuerto Rafael Núñez



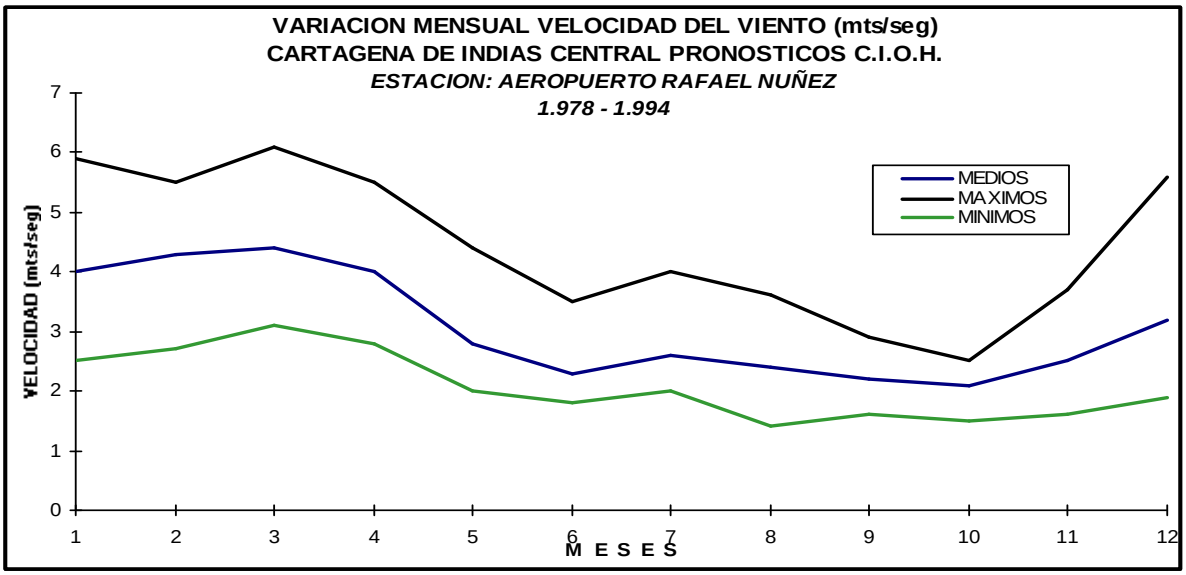
%: Dirección de vientos predominantes

Fuente: Página Web. CENTRO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS E HIDROGRÁFICAS CIOH. Boletines Meteorológicos Mensuales 2004 – 2007. Datos: Estación Meteorológica CIOH. Cartagena. 2004-2007.

Durante el segundo periodo de lluvias, la ZCIT se ubica entre los 8° y 12° de latitud norte, y los vientos rolan en su dirección con una tendencia decreciente en su intensidad, desde los 3 m s^{-1} al principio de la época hasta alcanzar, en el mes de octubre, los 2,8 m/s, para

volver a incrementarse levemente en los meses de noviembre y diciembre, dando paso al periodo seco[70]. (Véase Figura 3-59).

Figura 3-59 Variación mensual de la velocidad del viento. Aeropuerto Rafael Núñez



Fuente: CENTRO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS E HIDROGRÁFICAS CIOH. Cartagena. 2006. Datos: Estación Meteorológica Aeropuerto Rafael Núñez. IDEAM (1978-1994)

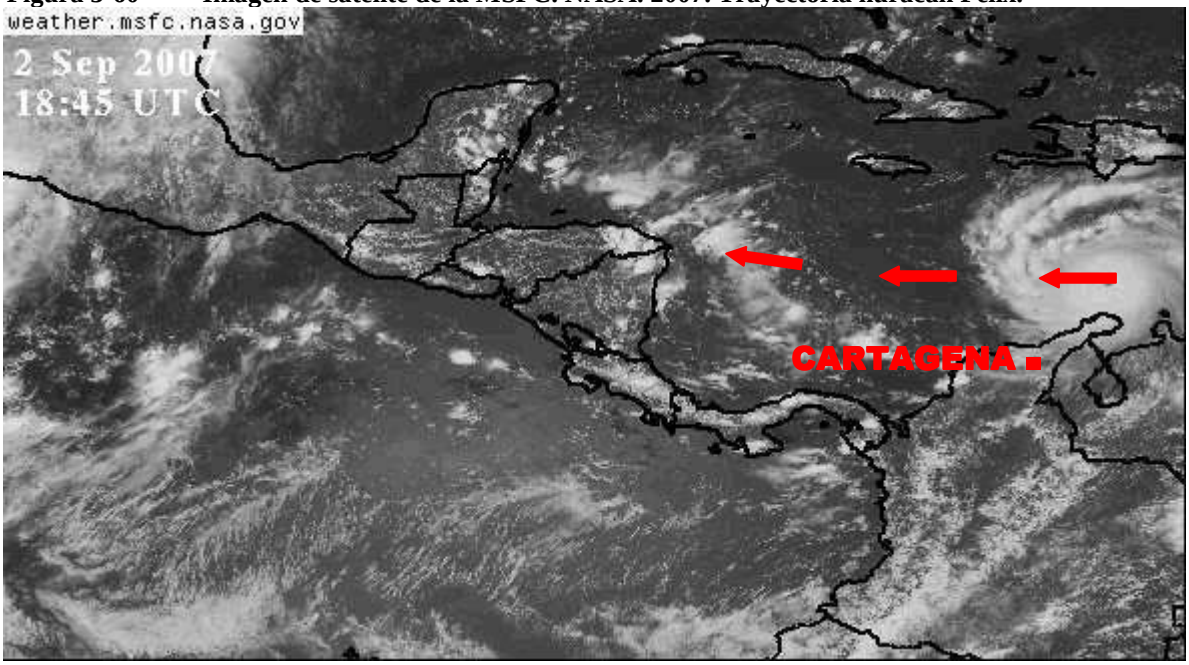
Durante el segundo periodo de lluvias también suelen presentarse fuertes chubascos, conocidos localmente en la costa como "culo de pollos", en donde los vientos asociados al evento pueden alcanzar velocidades muy importantes por breves lapsos de tiempo, desarrollando en la bahía condiciones inusuales relacionados con la actividad convectiva de la atmósfera, favorecida por el paso de ondas tropicales.[71]-[72]-[73]

Superpuesto al régimen estacional de los vientos, se presenta una amplia variación diurna del viento, rolando y variando en la bahía, registrándose generalmente en las madrugadas, periodos de calma e incrementándose y rolando durante todo el día, empezando en las mañanas viniendo del suroeste, variando hacia el oeste, hasta ser fuerte del noroeste en el atardecer y volviendo a amainar hacia la media noche.[74]

[70] ARAUJO IBARRA. Óp. cit. 2007.
[71] AGUILERA, J. Condiciones Oceanográficas. Panorama de Riesgos. Terminal Petrolero de Coveñas. OCENSA. 2007.
[72] LONIN, S. Óp. cit. p. 7.
[73] ANDRADE, C. Óp. cit. pp. 3-19.
[74] Ibid. pp. 3-19.

Otro fenómeno que se presenta durante el segundo periodo de lluvias en el Caribe, son los huracanes o ciclones tropicales, que se extiende desde agosto hasta noviembre, con sus vórtices pasando afortunadamente hacia el norte distantes de Cartagena, su influencia se manifiesta localmente con el registro de vientos fuertes y olas de mar de fondo que afectan la costa durante su paso, ocasionando la erosión fuete las playas de la Boquilla, Marbella y Bocagrande, penetrando a la bahía por Bocagrande y afectando las playas exteriores del Laguito, Castillo Grande y el sector noroeste de la isla de Manzanillo.[75]-[76](Véase Figura 3-60).

Figura 3-60 Imagen de satélite de la MSFC. NASA. 2007. Trayectoria huracán Félix.



Fuente: Weater, msfc, nasa.gov

3.2.9.3 Calidad del aire.

La evaluación de la calidad del aire fue adelantada por la firma Daphnia Ltda, entre el 27 de mayo y el 06 de junio de 2008, siguiendo en forma estricta la parametrización y los protocolos consignados en la Resolución 0601 del 4 de Abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), la cual establece los límites permisibles en calidad de aire. En total, se instalaron seis (6) estaciones de monitoreo ubicadas en relación directa y de influencia con las principales áreas productivas de la

[75] LONIN, S. Óp. cit. p. 7.
[76] CENTRO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS E HIDROGRÁFICAS, Central de Pronósticos. Régimen de Vientos y Corrientes Bahía de Cartagena. Cartagena: CIOH, 2006.

Refinería, así como en áreas de interés para el desarrollo del proyecto de ampliación y modernización de la Refinería (Véase la Figura 3-61 y la Tabla 3-28).

En éstas y durante 10 días consecutivos, se llevaron a cabo mediciones continuas en 24 horas de los siguientes parámetros reconocidos como típicos contaminantes del aire como son: partículas suspendidas totales (PST), partículas menores a 10 µm (PM-10), dióxido de Azufre (SO_2) y óxidos de Nitrógeno (medidos como NO_2). Adicionalmente, se realizaron mediciones en los mismos seis puntos de monitoreo para otros potenciales contaminantes como monóxido de Carbono (CO), Oxidantes fotoquímicos (O_3), Hidrocarburos totales (HCT), Acido Sulfhídrico (H_2S), Amoníaco (NH_3), compuestos orgánicos volátiles (VOC) y los metales pesados Vanadio y Níquel.

Para seleccionar el sitio de ubicación de las seis estaciones se tuvieron en cuenta los siguientes factores externos:

- Representatividad del punto de acuerdo al sector definido.
- Facilidad de acceso.
- Suministro de fluido eléctrico.
- Ausencia de barreras en un radio de 10 metros y en un ángulo de 70 grados.
- La elevación de las estaciones de muestreo, medida desde el suelo, entre 3 y 10 metros, según lo recomendado por la autoridad ambiental competente.
- Presencia de asentamientos humanos en la zona.

Figura 3-61 Ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de aire ambiental. Refinería de Cartagena, Junio de 2008.



Fuente: Fotografía tomada de Google Earth y modificada por Daphnia Ltda.

Tabla 3-28 Ubicación específica de la estaciones de monitoreo de Calidad de Aire. Refinería de Cartagena, Junio de 2008.

ESTACIÓN DE MONITOREO CALIDAD DEL AIRE		COORDENADAS PLANAS (ORIGEN BOGOTÁ)	
		ESTE	NORTE
CA1	Área 1000	845.064	1633.713
CA2	Detrás bodega DRI	844.238	1633.226
CA3	Separador API	843.561	1632.791
CA4	Patio de almacenamiento	844.108	1632.485
CA5	Pruebas contraincendio	844.807	1632.248
CA6	Garita Nº 6	846.051	1632.677

Fuente: Daphnia Ltda. Estudio de calidad del aire para REFICAR, 2008.

Las técnicas de monitoreo que se utilizaron para los diferentes parámetros analizados fueron las siguientes:

PARÁMETRO	TÉCNICA	MÉTODO / TIPO	EQUIPO	TIEMPO DE MUESTRA
Partículas totales en suspensión (PST)	U.S. EPA 40 CFR Part 50, Appendix B Norma Técnica Colombiana NTC 3704 del ICONTEC	Gravimétrico por muestreador de alto volumen	Muestreador de alto volumen, marca Hi-Q Environmental Products Calibrador para Hi-Vol, marca Hi-Q Environmental Products/ Tish Calibrador Mass Flow	24 horas durante 10 días
Partículas Menores a 10 micras (PM10)	U.S. EPA 40 CFR Part 50, Appendix L Norma Técnica Colombiana NTC 3704 del ICONTEC Método de Referencia RFPS-1287-063	Gravimétrico por muestreador de alto volumen	Muestreador de alto volumen, marca Hi-Q Environmental Products y Cabezote PM10. Calibrador de Platos Perforados Tisch Environmental INC	24 horas durante 10 días
Hidrocarburos Totales – expresado como metano	Metodo EPA 25A	Ionización de Llama de Hidrogeno -FID	Heated Hydrocarbon Analyzer Modelo 300 HFID/MHF	3 horas para 3 días por punto
Monóxido de Carbono	EPA 40 CFR Parte 50 Apéndice C (Fotometría infrarrojo no dispersiva) Método de Referencia RFCA 0981-054	Analizador infrarrojo no dispersivo	NDIR- Gas Filter Correlation Thermo Electron Corporation, Modelo 48C CO Analyzer	24 horas, por periodo de 8 horas, para 3 días por punto
Ozono	Método equivalente EPA EQOA-0880-47	Fotometría UV equipo equivalente al empleado en la Norma EQOA-0880-47	UV Photometric O3 Analyzer Thermo Electron Corporation, Model 49C	24 horas, por periodo de 8 horas, para 3 días por punto

PARÁMETRO	TÉCNICA	MÉTODO / TIPO	EQUIPO	TIEMPO DE MUESTRA
Dióxido de Azufre	EPA 40 CFR Parte 50 Apéndice A	Colorimétrico – TetraCloromercurato (TCM) / Pararrosanilina	Burbujeador de gases tipo “Rack”	24 horas durante 10 días
Óxidos de Nitrógeno	EPA 40 CFR Parte 50 Apéndice A	Colorimétrico - Griess Saltzman	Burbujeador de gases tipo “Rack”	24 horas durante 10 días
Compuestos Orgánicos Volátiles	EPA 18	Tubos de Carbón activado	Burbujeador de gases tipo “Rack”	24 horas para 2 días por punto
Amoníaco	Solución Absorbente	Colorimétrico - Azul de Endofenol	Burbujeador de gases tipo “Rack”	4 horas para 2 días por punto
Ácido sulfhídrico	Sensor electroquímico	Sensor electroquímico Límites de detección 0 ppm - 40 ppm	MSA Pulsar Plus	
Níquel	Método EPA 7910	Absorción Atómica siguiendo el método directo de llama de oxido nitroso-acetileno	Equipo de Absorción atómica	Muestra tomada de los filtros de los equipos de alto volumen
Vanadio	Método EPA 7910	Absorción Atómica siguiendo el método directo de llama de oxido nitroso-acetileno	Equipo de Absorción atómica	Muestra tomada de los filtros de los equipos de alto volumen.

Durante el monitoreo las condiciones meteorológicas fueron las siguientes:

Tabla 3-29 Condiciones meteorológicas registradas durante el monitoreo de calidad de aire (Ver Anexo 3-3).

Fecha	Temperatura (ºC)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento	Presión barométrica (mm Hg)	Precipitación (mm)
27/05/08	24,9	74,2	0,0	-	761,1	0,0
28/05/08	25,7	77,1	0,1	ENE	761,1	0,0
29/05/08	27,1	79,0	1,7	ENE	760,1	0,3
30/05/08	26,9	81,7	1,7	WSW	759,7	0,0
31/05/08	26,9	78,4	1,9	NNE	761,1	0,5
01/06/08	28,0	75,2	1,8	W	761,3	0,0
02/06/08	28,7	78,2	1,9	W	760,6	0,0
03/06/08	29,4	76,9	1,7	W	760,3	0,0
04/06/08	29,0	77,2	2,1	NNE	760,3	0,0
05/06/08	29,0	77,3	2,0	NNE	760,3	0,0
06/06/08	29,0	77,3	2,0	NNE	760,3	0,0

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 3-30 Resultados de los monitoreos de calidad del aire para el área de influencia de la Refinería de Cartagena S.A. (Ver Anexo 3-4)

Parámetro	Estación de muestreo	Concentraciones en µg/m³ (27,9 °C, 759,1 mm Hg)		Límites Res. 601 de 2006 a 27,9 °C, 759,1 mm Hg (condiciones monitoreos) en µg/m³
		Promedio aritmético (anual)	Máxima diaria	
PST*	CA1	35,88	64,48	Anual: 98,92 24 H: 296,76
	CA2	35,59	46,68	
	CA3	37,61	54,13	
	CA4	47,12	71,12	
	CA5	27,72	44,03	
	CA6	56,53	72,76	
PM_{10}	CA1	23,72	47,17	Anual: 69,24 24 H: 148,38
	CA2	24,95	39,58	
	CA3	30,93	49,39	
	CA4	31,70	54,32	
	CA5	25,27	42,92	
	CA6	22,99	38,16	
NO_2	CA1	13,35	23,24	Anual: 98,92 24 H: 148,38
	CA2	18,83	33,52	
	CA3	16,85	21,77	
	CA4	17,54	29,86	
	CA5	20,21	37,54	

Parámetro	Estación de muestreo	Concentraciones en µg/m³ (27,9 °C, 759,1 mm Hg)		Límites Res. 601 de 2006 a 27,9 °C, 759,1 mm Hg (condiciones monitoreos) en µg/m³
		Promedio aritmético (anual)	Máxima diaria	
	CA6	12,72	18,81	
SO_2	CA1	12,38	25,01	Anual: 79,14
	CA2	10,01	14,63	
	CA3	12,05	34,10	
	CA4	9,61	16,74	
	CA5	9,25	14,34	24 H: 247,30
	CA6	10,01	15,14	
CO**	CA1	430,05	528,35	8 h: 9.891,94
	CA2	235,04	473,09	
	CA3	1.732,22	3030,64	
	CA4	741,09	943,80	
	CA5	338,45	458,41	1 h: 39.567,77
	CA6	421,16	635,43	
Ozono	CA1	29,25	37,06	
	CA2	45,16	49,03	8 h: 79,14
	CA3	46,29	61,82	
	CA4	46,67	52,64	
	CA5	38,52	46,47	1 h: 118,70
	CA6	34,65	74,84	
Hidrocarburos***	CA1	91,16	162,40	
	CA2	24,74	37,51	
	CA3	89,77	152,60	4 meses: 1.483,79
	CA4	13,92	14,90	
	CA5	27,17	31,54	
	CA6	4,66	6,86	
VOC	CA1	< 0,17		
	CA2	< 0,17		
	CA3	< 0,17		No reglamentado
	CA4	< 0,17		
	CA5	< 0,17		
	CA6	< 0,17		
Amoníaco	CA1	75,67		
	CA2	22,70		
	CA3	37,83		Umbral: 14,34
	CA4	204,31		
	CA5	514,55		
	CA6	15,13		
Ácido Sulfhídrico	CA1	< 500		
	CA2	< 500		
	CA3	< 500		6,92 µg/m³
	CA4	< 500		
	CA5	< 500		

Parámetro	Estación de muestreo	Concentraciones en µg/m³ (27,9 °C, 759,1 mm Hg)		Límites Res. 601 de 2006 a 27,9 °C, 759,1 mm Hg (condiciones monitoreos) en µg/m³
		Promedio aritmético (anual)	Máxima diaria	
	CA6	< 500		
Vanadio	CA1	<0,010		24 H: 0,99
	CA2	<0,010		
	CA3	<0,010		
	CA4	<0,010		
	CA5	<0,010		
	CA6	<0,010		
Níquel	CA1	<0,02		No reglamentado
	CA2	<0,02		
	CA3	<0,02		
	CA4	<0,02		
	CA5	<0,02		
	CA6	<0,02		

* Promedio Geométrico. ** Promedio de las mediciones 8 horas. *** Promedio de las mediciones 3 horas.

De la Tabla anterior, se concluye que para los casos de las concentraciones de PST y PM_{10}, en todos los casos, los registros obtenidos se encuentran por debajo de los niveles máximos de inmisión (anual y para 24 horas) definidos por la Resolución 0601 de 2006 del MAVDT. Sin embargo es de observarse que el punto que registra la mayor concentración de PST es el CA6 que corresponde a la Garita No 6, donde el promedio geométrico alcanzó una concentración de 56,53 µg/m³ y la máxima diaria de 72,76 µg/m³.

Para el PM_{10}, el valor máximo se encontró en el punto CA4, correspondiente al patio de almacenamiento, concentraciones que no obstante se encuentran sensiblemente por debajo de la Norma Local Anual y la Norma Local Máxima Diaria, cuyos valores son de 98,92 y 296,76 µg/m³, respectivamente.

Ahora bien, respecto a los otros parámetros como el NO_2, SO_2, CO, O_3 se observa que sus valores están muy por debajo de la norma diaria y anual.

Uno de los parámetros de interés dadas las operaciones de la refinería son los Hidrocarburos Totales expresados como Metano, cuyas concentraciones en promedios de tres horas obtenidas en cada uno de los seis puntos de monitoreo de calidad de aire instalados al interior de la Refinería de Cartagena no superaron el estándar máximo permisible de 197,8 µg/m³ definido por la Resolución 1203 del DAMA para un tiempo de exposición de tres horas – y por ende tampoco superaron el límite permisible de 1.483,79 µg/m³ establecido por la Resolución 601 de 2006. Sin embargo existen unos valores que se pueden considerar como altos en función del promedio de lectura medio

registrado en la refinería, leidos en los puntos CA1 área 1000 y el CA3 Separador API, con registros de 162,4 µg/m³ y 152,6 µg/m³, respectivamente.

Otros parámetros de interés para el estudio, tienen que ver con los Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC), el Vanadio, el Níquel, el Ácido sulfhídrico y el Amoníaco, parámetros que se infiere pueden existir en la calidad del aire de la zona, no solo por las operaciones a cargo de la Refinería, sino producto de actividades industriales aledañas que, por los procesos en curso, son susceptibles de generarlos: respecto a los cuatro primeros parámetros, se observó que los valores encontrados estuvieron por debajo del límite de detección de las técnicas utilizadas para su valoración.

Respecto al amoníaco, se encontraron concentraciones superiores a la norma nacional, definida como umbral de olor, aunque se encontraron por debajo del límite permisible establecido por la U.S. EPA (100 µg/m³) en cuatro de los seis puntos de monitoreo. (En el anexo

3.2.9.4 Ruido.

A través de un monitoreo continuo se realizaron mediciones de ruido ambiental en siete (7) estaciones representativas ubicadas en el área de influencia del proyecto, con un intervalo de 5 segundos en 24 horas durante dos (2) días (uno hábil y otro festivo). Lo anterior, con el fin de evaluar el comportamiento de los niveles de ruido y analizar la posible repercusión de los mismos sobre el medio ambiente. En la Tabla 3-31 siguiente se registran las coordinadas y los días de monitoreo de ruido adelantados así.

Tabla 3-31 Puntos de Monitoreo de Ruido al interior de la refinería de Cartagena – Junio 2008

ESTACIONES DE MONITOREO		FECHA	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
R1	GARITAS 4 -5	Martes 03/06/08 Domingo 22/06/08	846.054	1.633.657
R2	ÁREA1000	Martes 03/06/08 Lunes 02/06/08	844.742	1.633.680
R3	PARQUEADERO CONTRATISTAS	Jueves 05/06/08 Domingo 15/06/08	844.039	1.633.113
R4	MUELLE - ESSO	Lunes 16/06/08 Domingo 15/06/08	843.313	1.633.481
R5	TEA	Jueves 05/06/08 Domingo 15/06/08	843.786	1.632.527
R6	PLANTA DE CRUDO USI	Jueves 05/06/08 Domingo 15/06/08	844.368	1.632.564
R7	GARITA 8	Miércoles 04/06/08 Lunes 02/06/08	845.313	1.632.246

Por su parte, la ubicación de los puntos de muestreo con respecto al terreno de la Refinería de Cartagena fue la siguiente:

Figura 3-62 Ubicación de las estaciones de monitoreo de ruido ambiental. Refinería de Cartagena, Junio de 2008.



Fuente: Fotografía tomada de Google Earth y modificada por Daphnia Ltda.

La selección de los puntos de monitoreo de ruido ambiental se efectuó buscando determinar las potenciales afectaciones al medio ambiente, generadas ya sea por los procesos productivos propios de la Refinería o por eventuales factores de incidencia externa al terreno de la Refinería.

Así las cosas y conforme se señaló, dentro del alcance de la evaluación del ruido ambiental en la Refinería de Cartagena, se efectuaron sonometrías continuas cada 5 segundos por 24 horas durante dos días[77] en siete (7) puntos ubicados en el interior de las instalaciones de la industria. Las lecturas se tomaron con el filtro de ponderación de frecuencia A y respuesta

[77] Un día hábil y otro festivo. El monitoreo de ruido ambiental se realizó en diferentes jornadas en el intervalo del 02 al 22 de junio de 2008.

lenta, para cuantificar los niveles equivalentes de presión sonora generados por las actividades desarrolladas en el área de estudio.

Los micrófonos fueron instalados a una altura de cuatro (4) metros medidos a partir del suelo terrestre y a una distancia equidistante de las fachadas, barreras o muros existentes a ambos lados del punto de medición. Se utilizó pantallas anti-viento para la protección del micrófono del sonómetro, el cual fue colocado en estructura metálica a la altura definida por la norma. A lo largo del monitoreo, se verificó que la velocidad del viento no fuera superior en ningún momento a 3 m/s. Asimismo, se realizó un control documental estricto sobre la ocurrencia de lluvias, con el propósito de descartar – si fuere necesario – las mediciones realizadas bajo estas condiciones.

Cabe resaltar que todas las mediciones se efectuaron en condiciones climáticas favorables (tiempo seco y humedad relativa y temperatura dentro de los rangos de operación recomendados por el fabricante de los equipos), conforme se registra en la Tabla 3-33.

Tabla 3-32 Rangos de operaciones recomendados por el fabricante de los equipos de monitoreo de ruido ambiental

Dirección predominante del viento	NNW
Velocidad promedio del viento	< 3,0 m/s
Precipitación	Ausente
Humedad relativa promedio	77,3 %
Temperatura promedio	27,9 ºC
Presión atmosférica promedio	759,1 mm Hg

Tabla 3-33 Condiciones meteorológicas predominantes durante el monitoreo de Ruido Ambiental, al interior de la refinería de Cartagena – Junio 2008 (Ver anexo 3-5).

Punto de monitoreo	Fecha	Temperatura	Humedad relativa	Velocidad del viento	Dirección del viento	Precipitación
R1	Martes 03/06/08	29,4	76,9	1,7	W	0,0
	Domingo 22/06/08	29,0	77,3	2,0	NNE	0,0
R2	Martes 03/06/08	29,4	76,9	1,7	W	0,0
	Lunes 02/06/08	28,7	78,2	1,9	W	0,0
R3	Jueves 05/06/08	29,0	77,3	2,0	NNE	0,0
	Domingo 15/06/08	29,6	75	2,2	WNW	0
R4	Lunes 16/06/08	29,0	77,3	2,0	NNE	0,0
	Domingo 15/06/08	29,0	77,3	2,0	NNE	0,0
R5	Jueves 05/06/08	29,0	77,3	2,0	NNE	0,0
	Domingo 15/06/08	29,0	77,3	2,0	NNE	0,0
R6	Jueves 05/06/08	29,0	77,3	2,0	NNE	0,0
	Domingo 15/06/08	29,0	77,3	2,0	NNE	0,0
R7	Miércoles 04/06/08	29,0	77,2	2,1	NNE	0,0
	Lunes 02/06/08	28,7	78,2	1,9	W	0,0

Los parámetros que se midieron en cada estación fueron:

- Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado (LEQ).
- Nivel de presión sonora equivalente diurno (LD).
- Nivel de presión sonora equivalente nocturno (LN).

Para el desarrollo de los muestreos, se utilizaron cuatro sonómetros Tipo I marca **QUEST TECHNOLOGIES**, Modelo SOUNDPRO DE/DL, previamente calibrados en 94 y 114 dB, con filtro de ponderación en escala A. En el anexo 3-6, se encuentran los certificados de calibración de los equipos.

Para determinar el cumplimiento normativo, los resultados fueron comparados contra la Resolución 627 de 2006 del MAVDT, la cual establece para la Refinería en el Sector C. Ruido Intermedio Restringido, subsector C1. Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales y zonas francas cuyos valores máximos permitidos para el ruido ambiental son de: 75 dB (A) en el día y 70 dB (A) en la noche.

Los resultados obtenidos se registran en la Tabla 3-34 siguiente:

Tabla 3-34 Niveles sonoros LEQ, LD y LN obtenidos en el monitoreo de Ruido Ambiental y su comparación con los estándares máximos permisible del sector C – Subsector 1. Refinería de Cartagena – Junio 2008.

ESTACIONES DE MONITOREO		FECHA	NIVELES DE RUIDO dBA				
			LEQ	LD	Nivel Máximo Permisible día Sector C	LN	Nivel Máximo Permisible Noche Sector C
R1	GARITAS 4 -5	Martes 03/06/08	71,90	74,00	75	63,64	70
		Domingo 22/06/08	65,07	66,31	75	62,36	70
R2	ÁREA1000	Martes 03/06/08	57,30	57,54	75	58,36	70
		Lunes 02/06/08	57,30	57,69	75	57,04	70
R3	PARQUEADERO CONTRATISTAS	Jueves 05/06/08	67,70	68,76	75	65,85	70
		Domingo 15/06/08	65,05	65,61	75	64,16	70
R4	MUELLE - ESSO	Lunes 16/06/08	54,45	53,82	75	55,19	70
		Domingo 15/06/08	54,14	53,39	75	55,02	70
R5	TEA	Jueves 05/06/08	67,30	66,85	75	67,89	70
		Domingo 15/06/08	66,85	66,43	75	67,38	70
R6	PLANTA DE CRUDO USI	Jueves 05/06/08	84,90	84,89	75	84,94	70
		Domingo 15/06/08	85,00	84,35	75	85,78	70
R7	GARITA 8	Miércoles 04/06/08	59,65	60,11	75	59,02	70
		Lunes 02/06/08	58,80	59,33	75	57,89	70

Nota: con el propósito de facilitar la interpretación de la Tabla, se han destacado en color rojo los valores que sobrepasan la norma de ruido ambiental del Sector C1: 75 dBA para el día y 70 dBA para la noche.

De lo anterior se concluye que el punto que registró los mayores niveles de presión sonora diurnos y nocturnos en ambos días fue el denominado Planta de crudo USI (R6), donde la norma diurna fue excedida en 9,89 dBA y la nocturna en 15,78 dBA. Lo anterior se debe en gran parte a que la estación de monitoreo se ubicó en el área de producción de la Refinería, misma que se encuentra al interior del parque industrial. Por lo tanto registra incidencia directa de las actividades operativas, sin que las mismas se extiendan al exterior de la planta y por lo tanto se superen allá los límites establecidos en la norma de ruido ambiental.

Con excepción de los resultados obtenidos en este punto, los demás puntos de monitoreo de ruido ambiental no exceden en ningún caso los estándares máximos permisibles para zonas con usos industriales permitidos, estipulados en la legislación vigente aplicable al sector.

3.3 Medio biótico

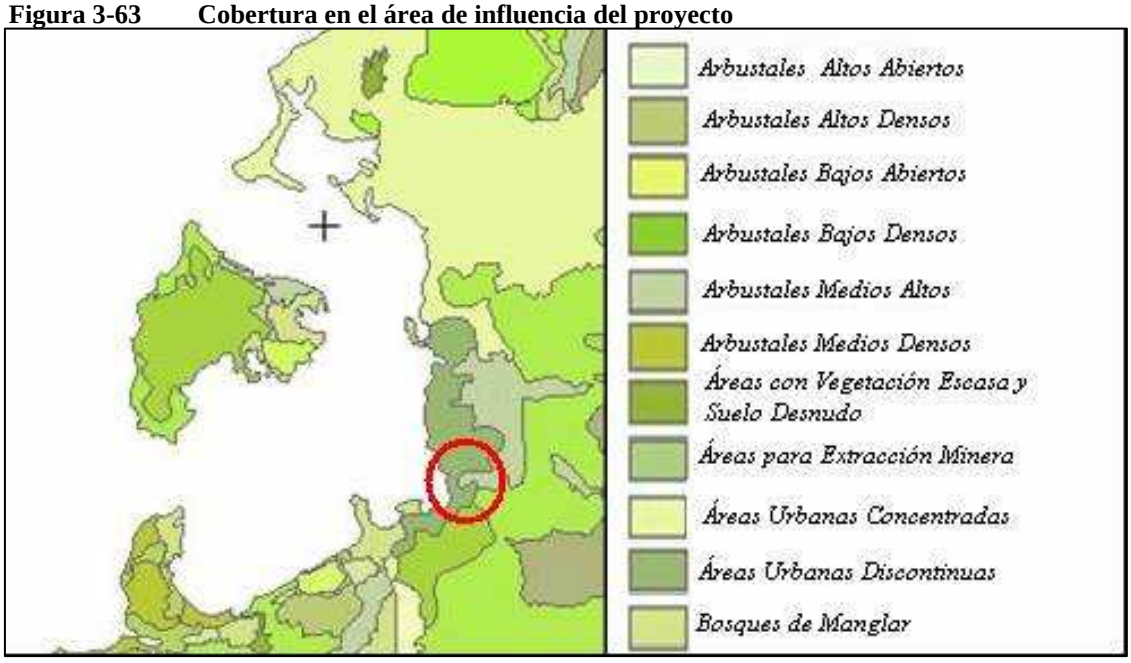
3.3.1 Ecosistemas terrestres

3.3.1.1 Flora

Área de influencia indirecta:

De acuerdo con el mapa de coberturas de CARDIQUE (2003), en escala 1:200.000, las coberturas alrededor de la Bahía de Cartagena corresponden a un área urbana discontinúa (color más oscuro), arbustales abiertos (color más claro) y áreas con vegetación escasa y suelo desnudo (verde intermedio).

Figura 3-63 Cobertura en el área de influencia del proyecto



Fuente: COLOMBIA. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL DIQUE – CARDIQUE. Plan de Acción Trienal 2007-2009.

En la Bahía de Cartagena, los escasos relictos de manglar, no obstante estar frecuentemente amenazados por el impacto de las aguas residuales domésticas que se descargan a la baía, así como por la intervención permanente de la línea de costa y ocasionalmente por los vertimientos industriales y portuarios, además de las escorrentías urbanas que drenan a la bahía, hoy se encuentran protegidos por las normas vigentes y por los esfuerzos de las entidades ambientales tanto urbana como regional[78].

Además de los componentes de manglar mencionados, del que se encuentra un relicto en el borde norte del terreno de la refinería frente a la bahía, la vegetación presente en la zona de estudio, corresponde a especies propias del bosque muy seco tropical (Bms – T). En general se da una entremezcla de vegetación tipo rastrojo en todas las etapas de su crecimiento, pastos y árboles creciendo en forma aislada o formando grupos de diversos tamaños.

Muchas de las especies desfolian durante los períodos de intensa sequía como mecanismo para evitar la perdida excesiva de agua y por ende su deshidratación. A consecuencia de esto los suelos quedan prácticamente desnudos y expuestos a la acción de la erosión. Posteriormente al presentarse la temporada de lluvias (mayo - junio y septiembre-noviembre) la vegetación se desarrolla rápidamente alcanzando coberturas entre el 85 - 95

[78] Universidad del Norte, 1999.

%, los árboles y arbustos reverdecen recobrando su vitalidad y obteniéndose prácticamente el clímax de la asociación (I.G.A.C, 1975).

Actualmente dentro del área de influencia indirecta, solo se presentan algunos relictos aislados de la flora arbórea secundaria; de igual forma se observan en los alrededores del predio objeto de estudio algunos ejemplares de gran desarrollo que se pueden considerar relictos del bosque primario originario de la zona, que están ubicados hacia las denominadas "Lomas de Andian", en jurisdicción de los municipios de Turbaco y Turbana, en el extremo oriental de la zona industrial de Mamonal. (ver plano 3-10. Cobertura vegetal).

Área de influencia directa:

El área de influencia directa del proyecto, conforme se señaló en el capítulo 2 del presente estudio, fue definida con un radio no superior a 2 km desde el eje de desarrollo del proyecto de ampliación de la refinería dentro de la Zona Industrial de Mamonal; por su condición de zona industrial, sólo cuenta con especies introducidas, en particular para fines paisajísticas, o invasivas. En este sector, las coberturas alrededor de la Bahía de Cartagena corresponden a un área urbana discontinúa, como se señaló, con algunos relictos de manglar, principalmente de la especie *Rizophora mangle* presentes (Véase Figura 3-63 anterior).

El área de influencia directa, presenta actualmente en cerca del 80 % de su extensión, vegetación de rastrojo de diverso desarrollo (alto, medio y bajo) distribuida en todos los sectores. Esta cobertura está conformada, para los árboles y arbustos con diámetros de fuste mayores de 10 centímetros, con promedios de 13 centímetros de DAP y alturas promedias de 6,0 metros, con gran predominio dentro de las especies arbóreas del guácimo (*Guazuma ulmifolia*), siguiéndole en orden de dominancia la especie guacamayo (A*lbizzia caribaea),* Hobo *(Spondias Bombin),* uvita mocosa *(Cordia dentata),* Olla de mico *(Lecythis minor),* Mora *(Chlorophora tinctoria* y, Leucaena *(Leucaena leucocephala.* Igualmente hacen presencia otro importante número de especies tanto arbóreas como arbustivas

Desde el punto de vista de su conformación espacial, ofrece dos (2) estratos a saber: el estrato mayor o superior que lo conforman ejemplares con alturas máximas de 8,0 metros, mientras el estrato inferior está constituido por individuos de altura promedio de 4 metros. Es de precisar que además de estos dos estratos, crecen algunos pocos ejemplares arbóreos que se destacan por alcanzar alturas hasta de 12 metros, estandoi bastante dispersos unos de otros.

En algunos sectores puede encontrarse vegetación de pastos, los cuales cubren pequeñas franjas dispersas conformadas principalmente por la especie pasto admirable (*Panicum purpurascens*). De acuerdo a la información de campo obtenida se pudo establecer que

durante bastante tiempo fueron desarrollados en estos terrenos actividades pecuarias, para la cual se llevo a cabo la siembra de dicho pasto, que a pesar del tiempo transcurrido aun cubre algunos sectores tanto dentro de los predios de la refinería, como en los terrenos cercanos a la misma que no registran desarrollos industriales.

Se estima conforme mediciones adelantadas que para la adecuación del terreno y en general desarrollo del proyecto, que serán objeto de aprovechamiento ejemplares arbóreos cuyo inventario arroja alrededor de 463,7 metros cúbicos de madera en las 58 hectáreas de propiedad de REFICAR a ser intervenidas para el desarrollo del proyecto.

- *Fauna terrestre*

El principal grupo faunístico presente en el área de estudio lo constituyen las aves, las cuales por poseer mayor capacidad y facilidad de desplazamiento y de igual forma al poseer abundante alimento, establecen sitios de refugio y anidación en los árboles. Adicionalmente hacen parte de la fauna silvestre del área pequeños mamíferos y reptiles con la presencia de serpientes principalmente.

3.3.2 Ecosistemas acuáticos

3.3.2.1 Estado de la fauna bentónica y pelágica representativa de la Bahía de Cartagena

Con el propósito de contar con una información actualizada sobre el estado de las comunidades de fondos blandos, de peces y zooplancton del área de Mamonal y en general de la Bahía de Cartagena, y reconociendo que no obstante contar con algunas estaciones de muestreo de la biota de la bahía de Cartagena producto de los monitoreos que en dos estaciones adelanta desde hace algunos años INVEMAR a través de la red CAM, los datos disponibles a la fecha no permiten adelantar conclusiones significativas sobre el estado ambiental de los componentes bióticos presentes en la bahía de Cartagena y conforme se anotó previamente, se decidió contratar en conjunto con otras empresas del sector de Mamonal el monitoreo de dichas comunidades en la misma red de 11 estaciones establecidas para el monitoreo de calidad de aguas y sedimentos.

Al respecto de las mismas, es importante aclarar que para el caso del zooplancton por tratarse de arrastres de maya de ojo conocido, se tomó como referencia los puntos señalados, mientras que para el caso de los peces, se muestreó tan solo en 6 de las 11 estaciones definidas, al reconocer que producto de la profundidad de estas, el trasmayo como arte de pesca empleado no eran efectivo, dejando en consecuencia la pesca sólo en las estaciones mas someras de la red determinada. En el caso del bentos, los sitios de muestreo se correspondieron exactamente con aquellos establecidos para el muestreo de sedimentos.

3.3.2.2 Monitoreo comunidad de fondos blandos

Para los fines de la evaluación de las comunidades de los fondos blandos de la Bahía de Cartagena, en su fase de muestreo se utilizó una draga Van Veen que cubrió un área de 0,04 m^2 con la que se realizaron tres (3) lances en cada una de las estaciones, cubriendo un área total por estación de 0,12 m^2 (ver Foto 3-1).

Foto 3-1 Draga van Veen de 0,04 m^2 empleada para la toma de muestras de sedimento.



Cada dragado se recibió sobre una canasta ubicada a bordo de la embarcación, en el cual el sedimento extraído en cada lance se cernió con agua de mar sobre un tamiz con luz de malla de 500 mm a fin de retener la macrofauna y descartar los componentes bióticos de menor tamaño (meiobentos) y los sedimentos finos (Holme y McIntyre, 1984). Posteriormente las muestras fueron guardadas por separado en bolsas plásticas debidamente etiquetadas, agregando a cada una solución de formalina al 4% preparada en agua de mar que servía a la vez como agente fijador y como colorante, el cual previamente se le había añadido rosa de bengala (1%), tinte que se adhiere a los epitelios de la organismos facilitando su posterior separación en laboratorio (Mason y Yevich, 1967) (Véase Foto 3-2).

Foto 3-2 **Tamizaje de las muestras de sedimentos para el análisis biológico. Fijación y tinción de las muestras con formalina al 4% y rosa de bengala.**



Ya en el laboratorio y para extraer la macrofauna, el material retenido en el tamiz se extendió en pequeñas porciones sobre bandejas planas a las que se agregó agua y con la ayuda de pinzas se tomaron los organismos, separándolos por taxa mayores, realizando este proceso dos veces, cada vez con un observador diferente. Los individuos separados en cada réplica y estación se guardaron en frascos debidamente etiquetados en alcohol al 70%. Para la identificación de los especimenes colectados se utilizaron los organismos extraídos en dos dragados por estación que conformaron un área muestreal de 0,15 m^2, tamaño que ya ha sido utilizado con éxito para el estudio de las comunidades macrofaunísticas de fondos blandos de la plataforma continental colombiana, conforme la experiencia de INVEMAR.

La identificación de la macrofauna se realizó hasta el nivel taxonómico de familia, empleando para ello trabajos taxonómicos especializados: (Poliquetos: Fauchald, 1977; Uebelacker y Johnson, 1984; Salazar-Vallejo *et al*., 1988; Beesley *et al*., 2000; Rouse y Pleijel, 2001. Crustáceos: Rathbum, 1918; Barnard, 1969; Bousfield, 1973; Menzies y Kruczynsky, 1983; Williams, 1984; Barnard y Karaman, 1991; Manning y Felder, 1991; Ortiz y Lemaitre, 1994. Moluscos: Abbott, 1974. Equinodermos: Clark y Downey, 1992; Hendler *et al*., 1995. Sipuncúlidos: Cutler, 1994).

En todos los casos se registró el número de individuos (abundancia) y la biomasa de los organismos fue determinada por medio del método de peso húmedo conforme el método de Birkett y McIntyre, 1971). Para estos fines, en una balanza analítica con aproximación de 0,0001 gramos, se pesaron los organismos después de dejarlos escurrir por dos minutos, siendo agrupados por familia de acuerdo a la estación. Los individuos pertenecientes a los taxa Annelida y Mollusca que presentaron tubos o conchas, se les extrajo para evitar la sobreestimación de la biomasa.

Partiendo de los datos obtenidos se construyeron matrices primarias que agruparon los datos bióticos donde se relacionan estaciones y familias. De cada taxa se seleccionaron los mejores ejemplares para ser incorporados a la colección biológica de referencia del estudio, misma que se depositó en el Museo de Historia Natural Marina de Colombia (MHNMC), con sede en INVEMAR, Santa Marta.

- *Análisis de la información colectada para las comunidades bentónicas.*

Con los datos tabulados por familias, por estación y por periodo de muestreo, se determinó la abundancia como el número de individuos totales y la biomasa expresada en peso húmedo (gramos) por familia para cada estación y período de muestreo. Con la información de las abundancias se empleó el índice de Shannon-Weaver[79] (H' $\log_2$), el cual asume que todas las especies están representadas en las muestras, indicando que tan uniformes están representadas las especies (en abundancia) como una función de todas las especies colectadas en los muestreos. También se empleó el índice de uniformidad de Pielou (J')[80], el cual expresa la equidad como la proporción de la diversidad observada en relación con la máxima diversidad esperada. Con estos dos índices se representó el concepto de diversidad alfa con respecto a la estructura de las comunidades, entendiendo esta como una expresión relacionada con la composición intraespecífica de las mismas para los fines de descifrar su funcionamiento.

Para evaluar el nivel de perturbación ya sea de origen natural o antropogénico, se utilizaron las curvas ABC (comparación entre abundancia-biomasa), método gráfico de fácil interpretación formulado por Clarke y Warwick[81]. En desarrollo de este y en condiciones normales (ausencia de perturbación), la curva de abundancia corre siempre por debajo de la biomasa y en situaciones perturbadas las curvas se invierten. Igualmente se puede establecer el grado de perturbación mediante el valor del estadístico W ó la estimación del área entre las dos curvas.

Los descriptores comunitarios de abundancia, biomasa, riqueza, diversidad y uniformidad, así como el W estadístico que midió la relación de la abundancia - biomasa (ABC) fueron usados en un análisis de la varianza no paramétrico mediante la prueba de Kruskal-Wallis[82] para probar la hipótesis nula de igualdad de distribuciones entre los muestreos realizados en

---

[79] Shannon, C.E., Wienner, W., 1949. *The mathematical theory of communication*.Univ.of Illinois Press, Urbana

[80] Pielou, E.C., 1977. *Mathematical Ecology*. Wiley, New York

[81] CLARKE, K. AND R. WARWICK. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical análisis and interpretation. Plymouth Marine Laboratory. United Kindom.

[82] KRUSKAL, W.H. y W.A. WALLIS. 1952. Use of ranks on one-criterion variance analysis. Journal of the American Statistical Association, 47: 583-621.

las épocas de transición, lluvias y seca. Debido a que las variables no cumplieron con los supuestos de normalidad, la prueba permitió comparar las esperanzas de 2 o más distribuciones sin necesidad de realizar el supuesto de que los términos de error se distribuyen normalmente. Tanto la prueba como los supuestos de normalidad fueron realizados en el programa estadístico Infostat (2004).

Se aplicaron técnicas multivariadas con el propósito de detectar las variaciones de la estructura de la comunidad en el tiempo según sus atributos faunísticos para todo el período de muestreo. Para estos fines e integrando la totalidad de las muestras por estación y período de muestreo, se llevó a cabo un análisis de clasificación cuantitativo, mediante el índice de similaridad de Bray-Curtis[83]. Esta clasificación aproxima al conocimiento de la estructura de la comunidad, logrando una percepción de la respuesta biológica al entorno y a través del tiempo, ayuda a definir cambios ante sensores, cambios cíclicos, estacionales o fluctuaciones, conforme lo registra Ramírez, 1999[84].

Los análisis se efectuaron sobre la matriz básica de abundancia, y los datos fueron transformados con raíz cuarta, para buscar la normalidad univariada, de acuerdo a la especificación de la ley de Taylor para distribuciones agregadas con el fin de ponderar la contribución de las taxa comunes y raras en el análisis comunitario (Clarke y Warwick, op.cit).

A partir de esta clasificación, se realizó un análisis de ordenación por el método de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS), basado en una relación no lineal entre las similaridades y las distancias en el plano cartesiano (Ramírez, op.cit); el cual logra dar una mayor lucidez de los resultados y un uso eficiente de los datos con relación a la clasificación de una comunidad.

También se empleó el Análisis Discriminante Generalizado (GDA) usando CAP, como un método flexible para ordenación constreñida sobre la base de cualquier medida de similaridad o distancia. El GDA empleó como primera medida un Análisis de Coordenadas Principales (PCoA) sobre la matriz de abundancia Y (N observaciones x p variables) transformada a raíz cuarta, usando la medida de disimilariadad de Bray-Curtis (op.cit), produciendo ejes ortonormales Q. Posteriormente se escogió el número apropiado de ejes m para el análisis canónico, hecho sobre una base no arbitraria como el número de ejes resultante de la mínima suma de cuadrados residuales. Finalmente se realizó una Análisis Discriminante Canónico (DCA).

---

[83] Bray, J.R., Curtis, J.T., 1957. Ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr*. 27: 325-349.

[84] RAMÍREZ, .A. 1999. Ecología aplicada. Diseño y análisis estadístico. Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santafé de Bogotá. 325 p.

Con estos tres pasos se produjo la ordenación, probando como hipótesis nula que no existe una relación significativa de la estructura de la comunidad macrozoobentónica entre las épocas climáticas de transición, lluvias y seca, en las estaciones de la bahía de Cartagena. Este procedimiento fue hecho usando estadística "trace" mediante el uso del programa de computación para el CAP, que fue obtenido de la página web http://www.stat.auckland.ac.nz.

Finalmente, mediante el procedimiento de correlación Bio-Env, se pretendió definir los patrones ambientales multivariados que mejor pudieran explicar la estructura biótica observada (Clarke y Warwick, op.cit), para lo cual, los datos de las variables ambientales tenidos en cuenta para relacionar con el componente biológico se hiciedron incluyendo tanto algunas variables tomadas de la columna del agua a nivel de fondo como las variables medidas y detectadas en el sedimento así:

Variables de la columna del agua a nivel de fondo tenidas en cuenta: Temp: temperatura (°C); Cond: conductividad (mS/cm); SAT: saturación de Oxígeno (%l); Prof: profundidad (m) y pH.

Variables del sedimento: Composición granulométrica de S-Gr: sedimento tipo gránulo (%); S-Amg: sedimento tipo arena muy gruesa (%); S-Ag: sedimento tipo arena gruesa (%); S-Am: sedimento tipo arena media (%); S-Af: sedimento tipo arena fina (%); S-Amf: sedimento tipo arena muy fina (%); S-CL: sedimento tipo cieno y limo (%). NT: Nitrógeno total (µg/g); MO: materia orgánica (%); C-Total: Carbono total (%); C-in: Carbono inorgánico (%). Metales pesados de Cd: Cadmio (µg/g) y Ni: Níquel (µg/g).

Como un primer paso para la determinación del conjunto de variables ambientales que mejor explicaron el arreglo comunitario, se realizó la prueba de Shapiro-Wilks modificado para encontrar la normalidad univariada, procediendo a transformar al nivel apropiado aquellas variables sin supuestos de normalidad. Posteriormente se realizó un análisis de correlación de Pearson entre pares de dichas variables, con el fin de detectar variables correlacionadas entre sí que resultarían redundantes al momento de implementar el análisis del Bio-Env y evitar solapamiento en la información (Clarke y Warwick, op.cit). Se descartaron las variables que presentaron correlaciones mayores a |0,9| y un nivel de significancia $p \leq 0,05$.

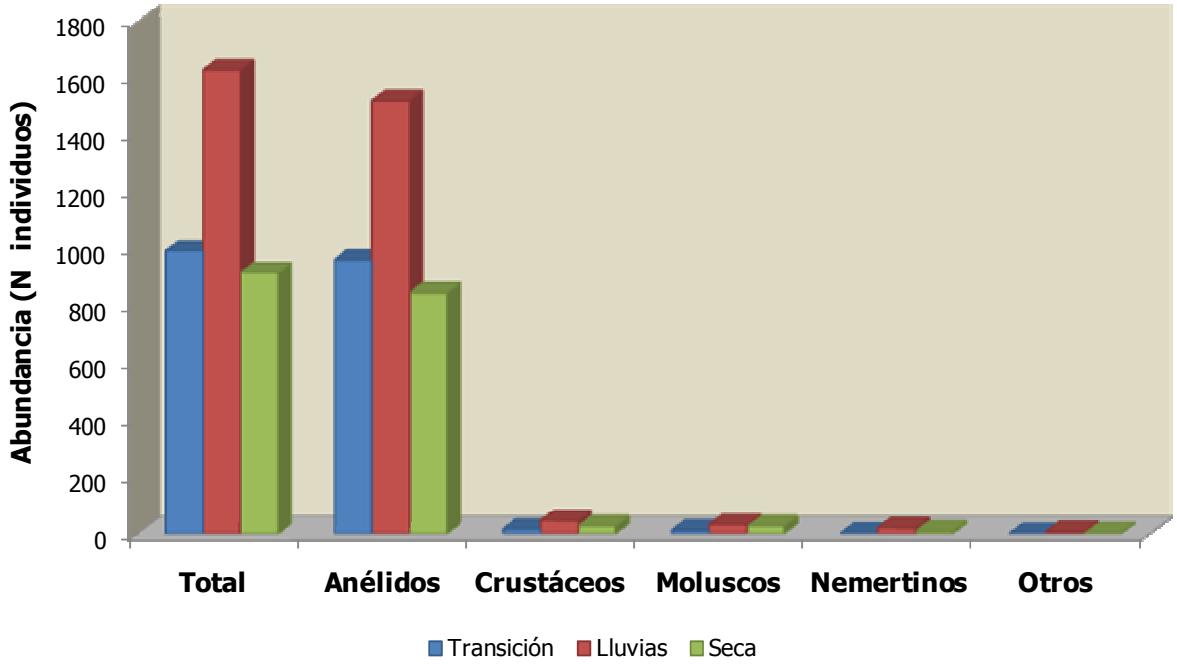
El Bio-Env se fundamenta en maximizar la correlación de los elementos de las matrices triangulares de similaridad biótica (Bray-Curtis) y abiótica (Distancia Euclidiana sobre las variables ambientales normalizadas). El proceso se repite con grupos crecientes de k-variables ambientales, dando como resultado una serie de coeficientes de correlación. El coeficiente máximo obtenido de todas las posibles combinaciones de las k-variables,

indicará que esa combinación es la que 'mejor explica' el patrón biológico obtenido en el ordenamiento y clasificación.

Resultados del análisis de las comunidades macrobentónicas de la Bahía de Cartagena.

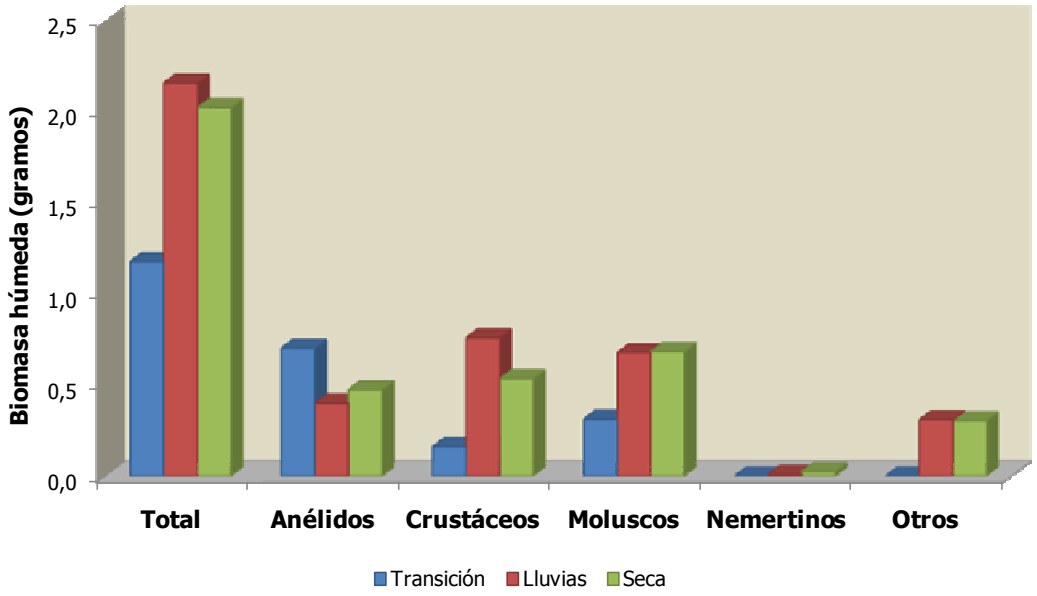
La macrofauna capturada en los muestreos durante las épocas de transición (agosto de 2007), lluvias (noviembre de 2007) y seca (marzo de 2008) en la bahía de Cartagena, estuvo representada en 85 familias las cuales se agruparon en 9 taxa (anélidos, crustáceos, equinodermos, moluscos, nemertinos, sipuncúlidos, nemátodos, vertebrados y posiblemente hemicordados). Se determinó una abundancia total de 3.535 individuos, donde los anélidos dominaron la estructura en las tres épocas muestreadas (96,8%, 93,4% y 92,4%) respectivamente. Tanto en transición como en lluvias se destacaron los poliquetos Cirratulidae y Paraonidae, además del oligoqueto Tubificidae en lluvias, mientras que en la época seca abundaron los poliquetos Cirratulidae y Spionidae. El resto de los grupos contribuyeron en poco a la estructura de la comunidad, resaltando únicamente los crustáceos y moluscos en la época de lluvias (2,82% y 1,96% respectivamente) (Figura 3-64).

Figura 3-64 **Distribución de la abundancia (n° individuos) durante los períodos de muestreo de transición, lluvias y seca en la bahía de Cartagena.**



La biomasa total en los tres muestreos fue de 5,354 gramos, de los cuales se observa un aumento entre transición (1,18 gr) y lluvias (2,15 gr) y un leve descenso para la época seca (2,02 gr). Se detalla cómo los anélidos, crustáceos y moluscos, fueron los grupos mas importantes, con variaciones significativas entre los períodos. Es así como, en transición dominaron los anélidos, principalmente los poliquetos de la familia Cirratulidae y Spionidae, mientras que en lluvias presentaron mayor peso los crustáceos, destacando los decápodos Ctenochelidae y Leucosiidae además del estomatópodo Squillidae. De otro lado, en la época seca fueron tan importantes los crustáceos de la familia Goneplacidae y Ctenochelidae (decápodo) como los moluscos bivalvos de la familia Lucinidae (Figura 3-65). Se resalta dentro de otros grupos, el aporte de los equinodermos de la familia Brissidae (echinoideo) en lluvias y Ophiuridae (ofiuro) en la época seca.

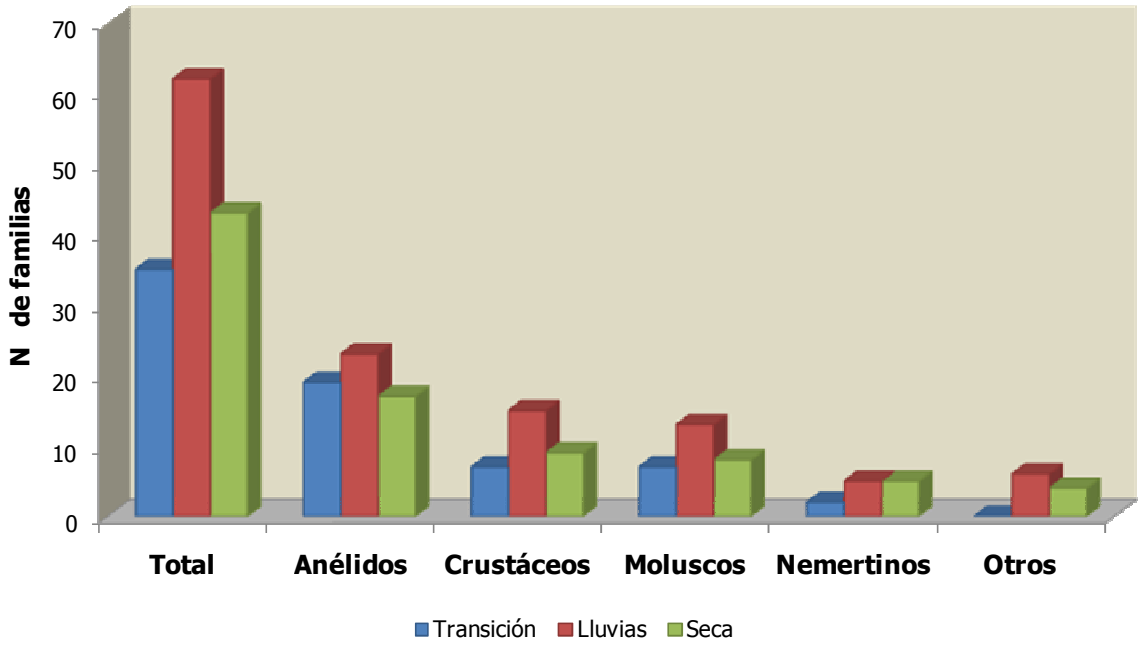
Figura 3-65 **Distribución de la biomasa húmeda (gr) durante los períodos de muestreo de transición, lluvias y seca en la bahía de Cartagena.**



El número de familias y grupos taxonómicos aumentó en el muestreo de lluvias (62 y 9, respectivamente), con respecto al de transición (35 y 5), descendiendo nuevamente para la época seca (43 y 7). Esta misma tendencia se observó dentro de los períodos de muestreo, con mayores familias en la época de lluvias, seguido de la época seca y por último la época de transición, a excepción de los anélidos con mayor riqueza en transición que en la época seca. Se destaca asimismo que el mayor número de familias lo obtuvieron los poliquetos, seguidos de los crustáceos, moluscos y nemertinos (Figura 3-66)

La variación de la abundancia, biomasa y número de familias entre los grupos taxonómicos, indica cómo la comunidad macrozobentónica responde a los cambios climáticos estacionales, destacando la influencia de las descargas de agua dulce al sistema en un aumento considerable de dichos valores. El sistema se encuentra dominado por el grupo de anélidos, los cuales aunque son numerosos, tienen una contribución en biomasa menos importante. En este grupo, la llegada de la época de lluvias marcó el cambio de especies menos abundantes y diversas con mayor biomasa, a una comunidad con mayores abundancias, pero de tamaños pequeños que indicarían una estrategia rápida de crecimiento aprovechando las condiciones del medio y sus recursos aportados. De otro modo, los crustáceos y moluscos, aunque son reducidos en abundancia, en la época de lluvias aumentaron en peso y número de familias.

Figura 3-66 Distribución del número de familias durante los períodos de muestreo de transición, lluvias y seca en la bahía de Cartagena.



La composición de la principales familias en cuanto a la abundancia y biomasa muestra la diferenciación de especies que son importantes en cada uno de estos atributos (Figura 3-67).

Con respecto a la abundancia, siete familias correspondientes al grupo de anélidos contribuyeron con una abundancia superior al 3%. Se destacan las familias Cirratulidae y Paraonidae como familias presentes e importantes en los tres muestreos, mientras que Tubificidae fue importante en la época de transición y lluvias, y la familia Spionidae

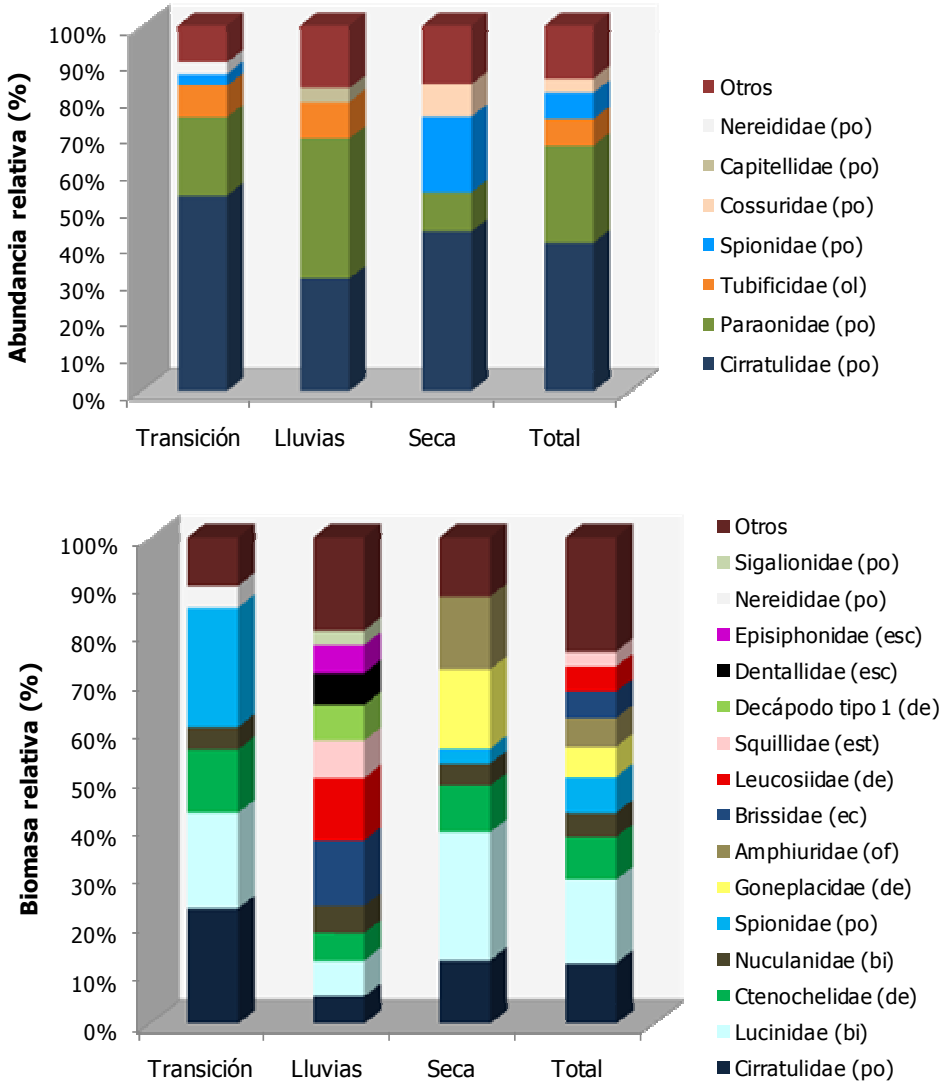
importante en transición y seca. Se observa cómo las familias de crustáceos y de moluscos no contribuyeron en la abundancia más si en biomasa, siendo importante destacar que estos han sido siempre importantes en la conformación de las comunidades macrozoobentónicas.

Los poliquetos, son el grupo dominante en términos de abundancia y número de familias, no obstante disminuir en biomasa; le siguen en abundancia los oligoquetos y en número de familias, crustáceos y moluscos. Al respecto, Warwick y Clarke (1993)[85], señalan que la estructura de las comunidades bentónicas de fondos blandos en ambientes estuarinos con condiciones de estrés, cual se supone es el caso de la bahía de Cartagena, se encuentra más dominada por poliquetos y oligoquetos que por crustáceos y otros, tal como se obtiene del presente estudio.

En cuanto a la biomasa, 15 familias contribuyeron con una biomasa superior al 3%, de las cuales las familias Cirratulidae (poliqueto), Lucinidae (bivalvo), Ctenochelidae (decápodo) y Nuculanidae (bivalvo), registraron los mayores valores en las tres épocas. Se destaca la dominancia de pocas familias en las épocas de transición y seca, mientras que en lluvias hay una mayor riqueza de familias (Figura 3-67).

[85] WARWICK, R.M. y K.R. CLARKE. 1993. Comparing the severity of disturbance: a meta-analysis of marine macrobenthic community data. Marine Ecology Progress Series, 92: 221-231.

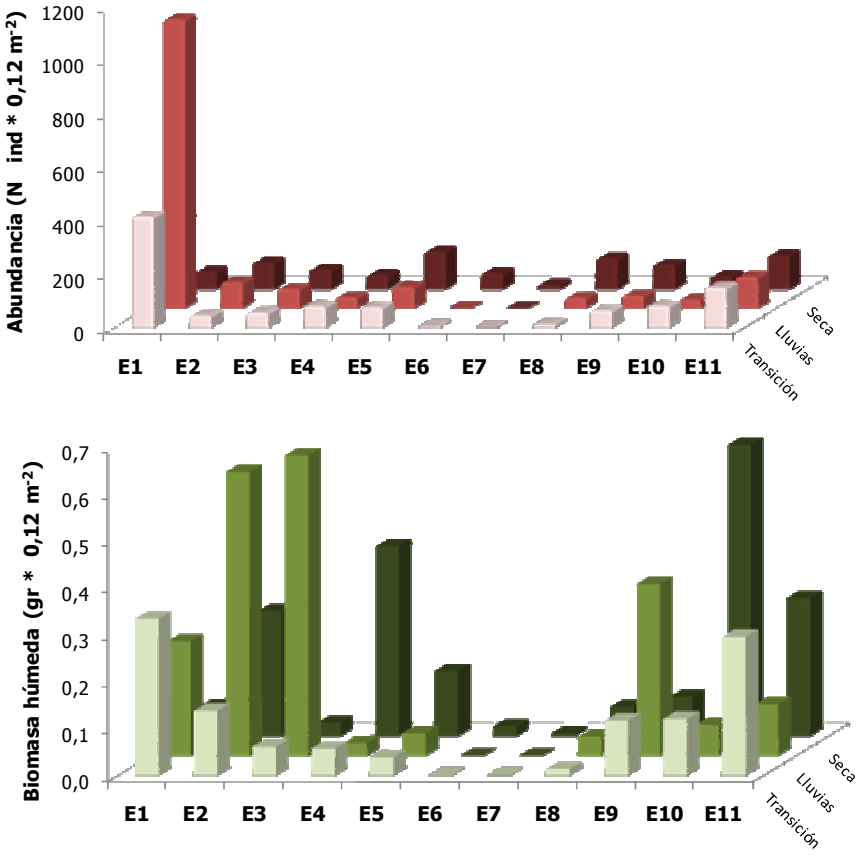
Figura 3-67 **Distribución porcentual de la abundancia y biomasa de las principales familias macrobentónicas (>3%) en la bahía de Cartagena durante la época de transición, lluvias y seca. (ol) oligoqueto, (po) poliqueto, (bi) bivalvo, (de) decápodo, (of) ofiúrido, (ec) echinoideo, (est) estomatópodo, (esc) escafópodo.**



La variación de la abundancia de la comunidad a nivel espacial, mostró una mayor concentración de organismos en la estación E1, siendo la época de lluvias la más abundante (Figura 3-68). La dominancia en esta estación en las épocas de transición y lluvias estuvo dada por los poliquetos Cirratulidae y Paraonidae, además del oligoqueto Tubificidae, los cuales desaparecieron para la época seca. Esta condición hace suponer un efecto puntual de

perturbación donde la dominancia de tres familias ocurrió de manera local aprovechando la época de descargas de agua dulce en la bahía para que se diera un pico de reclutamiento durante este período. Al respecto y según Wade (1972)[86] cuando la densidad de organismos es muy elevada y hay pocas especies, de las cuales unas pocas son dominantes, el medio se considera como inestable y perturbado. Se observa además que en el resto de las estaciones hubo poca abundancia de individuos en comparación a la estación E1, incluso presentándose en las estaciones E6 y E7 abundancia escasa o ausencia de individuos.

Figura 3-68 **Variación del número del número de individuos y biomasa de los organismos colectados en las estaciones de muestreo, durante las épocas de transición, lluvias y seca.**



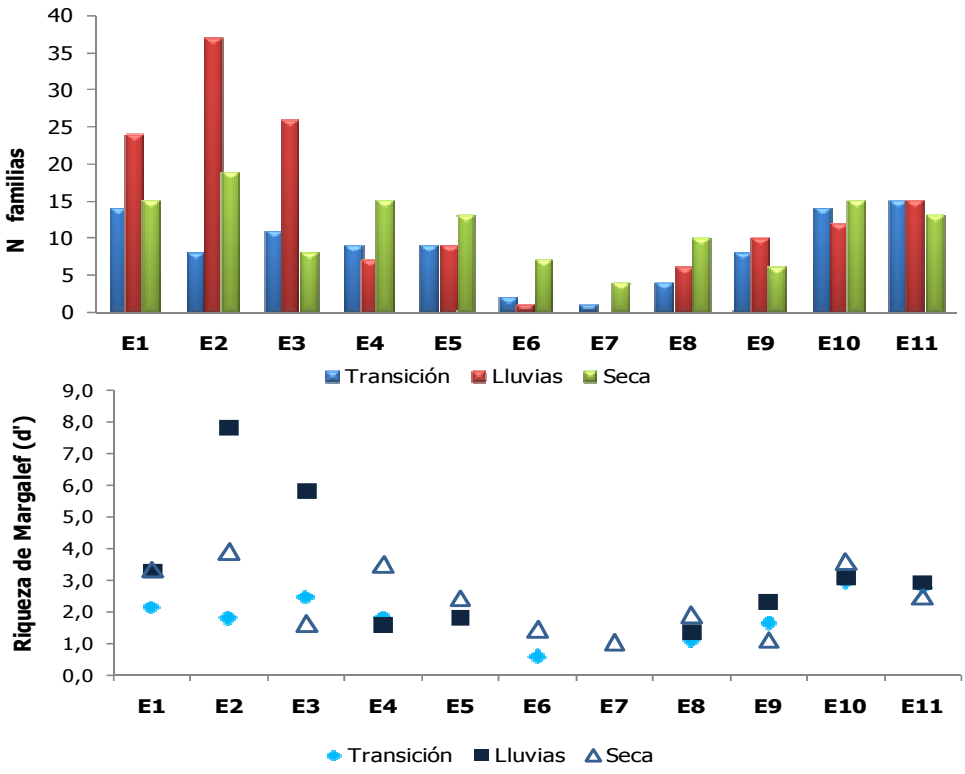
[86] WADE, B.A. 1972. A description of a highly diverse soft bottom community in Kingston Harbour Jamaica. Marine Biology, 13(1): 43-65.

El aumento en la abundancia de la familia Paraonidae ha sido documentado por varios autores como una consecuencia de eventos de contaminación principalmente orgánica. Así, Dauer y Conner (1980)[87], reportaron incrementos en la densidad de esta familia en Australia, en respuesta a contaminación orgánica, particularmente por descargas de efeluentes de aguas residuales domésticas, como sicede en la bahía de Cartagena por las constantes descargas de excretas sin tratar a la que está expuesta.

La biomasa por su parte mostró una variación diferente entre las estaciones de muestreo con respecto a la abundancia. Se observa cómo las mayores biomasas estuvieron concentradas en las estaciones E1 y E11 en transición, E2, E3 y E9 para la época de lluvias y E5, E10 y E11 para la época seca (Figura 3-68). Como se mencionó previamente, los organismos dominantes en biomasa estuvieron representados por pocos organismos, en la mayoría de estaciones a excepción de E3 en lluvias la cual presentó una equitatividad del peso corporal entre las familias.

[87] DAUER, D.M. y W.G. CONNER. 1980. Effects of moderate sewage input on benthic polychaete populations. Estuarine and Marine Science, 10: 335-346

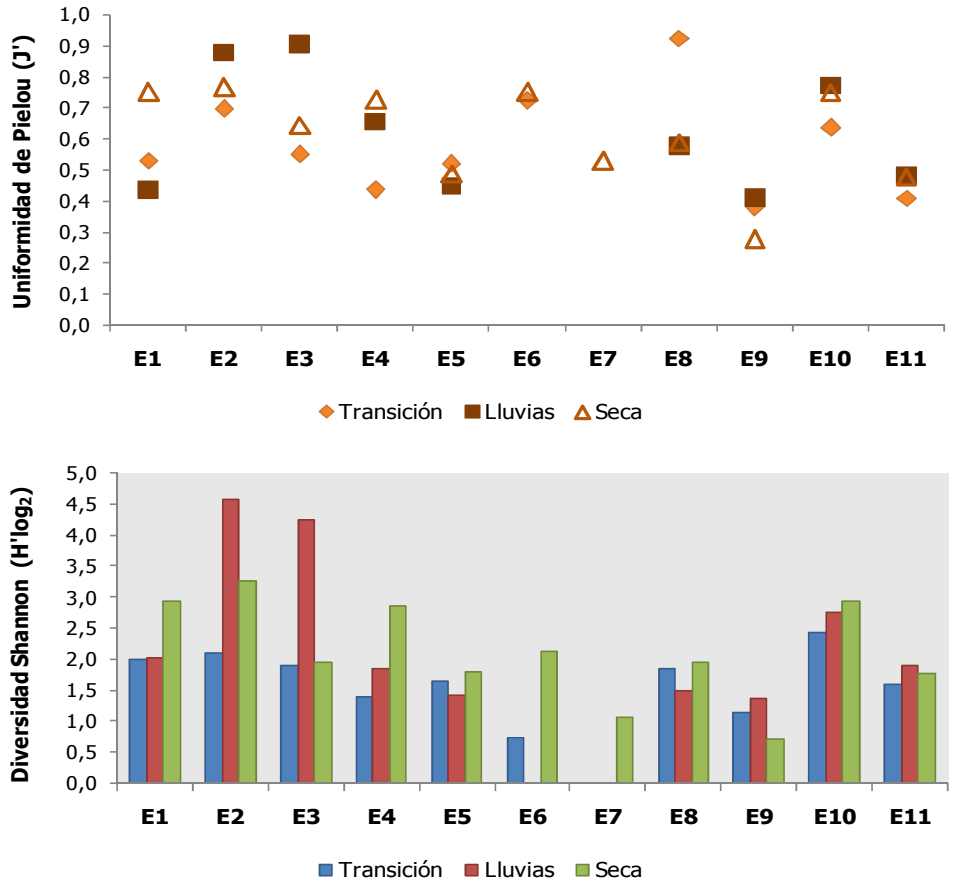
Figura 3-69 **Variación del número de familias y del índice de riqueza de Margalef (d') de los organismos colectados en las estaciones de muestreo, durante las épocas de transición, lluvias y seca.**



Los resultados graficados en la Figura 3-68 anterior mostraron una diferenciación espacial del número de especies y del índice de riqueza de Margalef (d'), resaltando mayores valores en las estaciones costeras ubicadas al margen derecho del canal del dique (E1, E2 y E3), coincidentes casualmente con el corredor de descargas de la zona industrial, siendo importante destacar que nuevamente la época de lluvias se caracterizó por presentar los valores más altos de riqueza de la comunidad.

Complementariamente, los registros de diversidad de las estaciones de muestreo, indicaron variaciones similares comparadas a la riqueza en los períodos climáticos, siendo de la misma manera la época de lluvias la más diversa en las estaciones localizadas en el sector del corredor industrial de Mamonal E1, E2 y E3 (Figura 3-70). Para las estaciones E4, E5 y E8 ubicadas más al norte y alejadas un poco mas de la costa, la diversidad fue más alta en la época seca. Sin embargo, aunque la época de transición presentó los valores más bajos de diversidad, estos fueron relativamente similares entre las estaciones.

Figura 3-70 **Variación de los índices de uniformidad de Pielou (J') y diversidad de Shannon Wiener (H') de los organismos colectados en las estaciones de muestreo, durante las épocas de transición, lluvias y seca.}**



Conforme lo han registrado varios autores, cuando los valores de diversidad "d" varían entre 0 y 5, es posible el uso del índice de diversidad específica como parámetro en la evaluación cuantitativa de la perturbación del medio ambiente. Para el caso que nos ocupa y a manera de acercamiento, la mayoría de estaciones pueden considerarse como ambientes con contaminación moderada al encajarse entre el rango de H' 1 a 3 a excepción de la estación E2 y E3 en época de lluvias que registran niveles altos de nutrientes, y de esta última también en época seca.

Por su parte, si se comparan los resultados con registros de Noruega, donde los fondos marinos fueron clasificados como muy buenos (H' >4), buenos (H' 4- 3), menos buenos (H' 3-2), malos (H' 2-1) y muy malos (H' <1) de acuerdo al valor del índice de diversidad

de Shannon-Wiever (op.cit), podría decirse entonces con respecto a esta clasificación, que el área de muestreo puede considerarse como menos buena.

Paralelamente, la uniformidad mostró una tendencia diferente en la variación entre estaciones, de manera que se observan uniformidades relativamente altas en la época de transición en estaciones con bajas diversidad y riqueza como E6 y E8, y cercanamente similares a uniformidades en la época de lluvias. Esta variación muestra una tendencia contraria a lo expuesto por Margalef (1983)[88] para comunidades bentónicas mediterraneas, quien señala que la diversidad tiene una relación directa con la equitabilidad, lo que conlleva a que una distribución uniforme o equitativa de la comunidad, hace que aumente la diversidad de especies. En consecuencia y dado que la diversidad es una expresión relacionada con la composición intraespecífica de las comunidades, el amplio rango de variación de los diferentes atributos comunitarios entre estaciones encontrado en el presente estudio, puede indicar que la zona de muestreo esta siendo sometida a un agente perturbador desde diferentes puntos locales.

Los análisis univariados realizados con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, mostraron que no existen diferencias significativas de la comunidad macrozoobentónica entre el muestreo de transición, lluvias y seca, en términos de abundancia, biomasa, número de familias, riqueza de Margalef, equitatividad de Pielou, diversidad de Shanon y el estadístico W (Tabla 3-35)., En función de estos y con el fin de comparar los resultados de abundancia y biomasa húmeda encontrados en la presente investigación, con trabajos previos realizados en diversa áreas del Caribe colombiano, se extrapolaron los valores a metro cuadrado (m^2), apareciendo los valores mínimos y máximos de estos atributos en vez de la desviación estándar, ya que no se cuenta con este dato en algunos trabajos (Tabla 3-34).

[88] MARGALEF, R. 1983. Ecología. Ediciones Omega S.A. Barcelona. 954 p.

Tabla 3-35 Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskall Wallis con los atributos las comunidades macrozoobentónicas de la bahía de Cartagena, entre los períodos de muestreo de transición, lluvias y seca

Atributos Comunitarios	*Época de muestreo*			*H*	*valor-p*
	Transición (Agosto 2007)	Lluvias (Noviembre 2007)	Seca (Marzo 2008)		
Abundancia	90,18 ± 116,1	147,91 ± 312,38	83,27 ± 37,45	1,47	0,4791
Biomasa	0,11 ± 0,11	0,2 ± 0,24	0,15 ± 0,18	0,26	0,8787
N° familias	8,64 ± 4,78	13,36 ± 11,37	11,36 ± 4,67	1,19	0,5491
Riqueza de Margalef	1,93 ± 0,71	3,34 ± 2,15	2,39 ± 1,05	2,03	0,3621
Uniformidad de Pielou	0,58 ± 0,17	0,62 ± 0,19	0,61 ± 0,16	0,83	0,6613
Diversidad de Shannon	1,52 ± 0,69	1,96 ± 1,46	2,12 ± 0,81	2,24	0,3252
Estadístico W (Curvas ABC)	0,1 ± 0,16	0,11 ± 0,22	0,08 ± 0,13	0,2	0,9051

Es de desatacar que los promedios de abundancia y biomasa registrados han sido similares a los valores reportados en trabajos previos para la bahía de Cartagena, que se reconoce son bajos en comparación con el Caribe colombiano en general, debido principalmente a la dominancia de cienos y limos, con respecto al tipo de sedimento presentado en otros estudios adelantados en la zona, que reportan arenas finas y medias (INVEMAR, 2004[89]), conforme se registra en la Tabla 3-36 siguiente.

Asimismo, las comunidades bentónicas en distintos sitios sujetos a condiciones extremas como a bajos flujos y salinidades o un alto porcentaje de cienos en los sedimentos y materia orgánica, se caracterizan por una baja riqueza y una baja biomasa en el ensamblaje, como ocurre en la bahía de Cartagena (Sarda, 1997[90]).

[89] INVEMAR, 2004. Establecimiento de la línea base primera fase del plan de monitoreo ambiental del proyecto para el tratamiento y disposición final de las aguas residuales de Cartagena de Indias. Informe final. 577p

[90] SARDA, R. 1997. The use general relationships to estimate secondary production in coastal habitats: A revision based on a case study. En: Vietiz M.J. y J. Junoy (Eds.). Investigaciones sobre el bentos marino. IX Simposio Ibérico de estudios del Bentos Marino. Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr., 23: 11-22.

Tabla 3-36 Promedios (rangos) por estación (m^2) del número de familias, abundancia y biomasa húmeda (g) de la macrofauna bentónica en algunos sectores de la bahía de Cartagena y áreas estuarinas de diferentes latitudes

Localidad	Prof (m)	N° Flias promedio (Rango)	Densidad promedio (Rango)	Biomasa promedio (Rango)	Fuente
Ciénaga Grande de Santa Marta	4-36	----	1.119 (470-3.108)	3,3 (0,7-7,4)	García *et al*. (1992)
Bahía de Cartagena (Febrero 1992)	1-30	----	69 (0-453)	----	Herrera (1993)
Bahía de Cartagena (Octubre1992)	1-30	----	25 (0-98)	----	
Punta Canoas, Cartagena	10-23	48 (31-71)	3.007 (840-5.853)	6,5 (1,1-13,5)	Invemar (2004cc)
Ciénaga de la Virgen (Febrero 2003)	1-1,1	1,5 (1-2)	30 (2-22)	0,0048 (0,0003-0,0088)	
Ciénaga de la Virgen (Julio 2003)	1-1,2	2 (1-3)	10 (4-15)	0,020 (0,0003-0,0588)	
Ciénaga de la Virgen (Octubre 2003)	1,3-1,8	3,3 (2-4)	14 (10-19)	0,0008 (0,0043	
Estuario Lima, Península Ibérica (Verano)	---	(7-29)	(160-8.060)	(0,560-28,957)	Sousa *et al.* (2007)
Estuario Lima, Península Ibérica (Otoño)	---	(6-30)	(82,2-3.815,6)	(0,907-14,600)	
Estuario Lima, Península Ibérica (Invierno)	---	(6-17)	(46,7-1.448,9)	(0,563-12,213)	
Estuario Lima, Península Ibérica (Primavera)	---	(6-27)	(182,2-3.812,0)	(0,930-19,303)	
Bahía Cochin, India (premonson)	(2,5-17)	---	(21-28.672)	(0,10-203,09)	Sheeba *et al.* (2004c)
Bahía Cochin, India (monson)	(2,5-17)	---	(42-7.524)	(0,09-110,73)	
Bahía Málaga, Pacífico colombiano	---	86 fam	430 (100-920)	----	Guevara (2006)
Bahía de Buenaventura, Pacífico, colombiano (antes del dragado)	(4-39,7)	(26-66) fam	562,1 (115-1125)	1,8 (0,17-4,85)	Solano *et al.* (2008b)
Bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano (después del dragado)	(5-41)	(12-48) fam	225,8 (67-436)	0,5 (0,04-0,92)	
Bahía de Cartagena (Agosto 2007)	4,5-26,9	9 (1-15) fam	751,5 (8,3-3466,7)	0,89 (0,004-2,78)	**Presente estudio**
Bahía de Cartagena (Noviembre 2007)	4,5-26,9	13 (0-37) fam	1232,6 (0-9025)	1,63 (0,0-5,34)	
Bahía de Cartagena (Marzo 2008)	4,5-26,9	11 (4-19) fam	693,9 (158,3-1191,7)	1,51 (0,057-5,19)	

- *Niveles de perturbación*

Para determinar los niveles de perturbación en la comunidad macrozoobentónica muestreada, se construyeron curvas acumuladas de abundancia y biomasa (ABC) para cada una de las estaciones y en cada uno de los períodos evaluados. Los resultados del estadístico W de las curvas ABC se muestran en la Figura 3-71, donde se destaca que

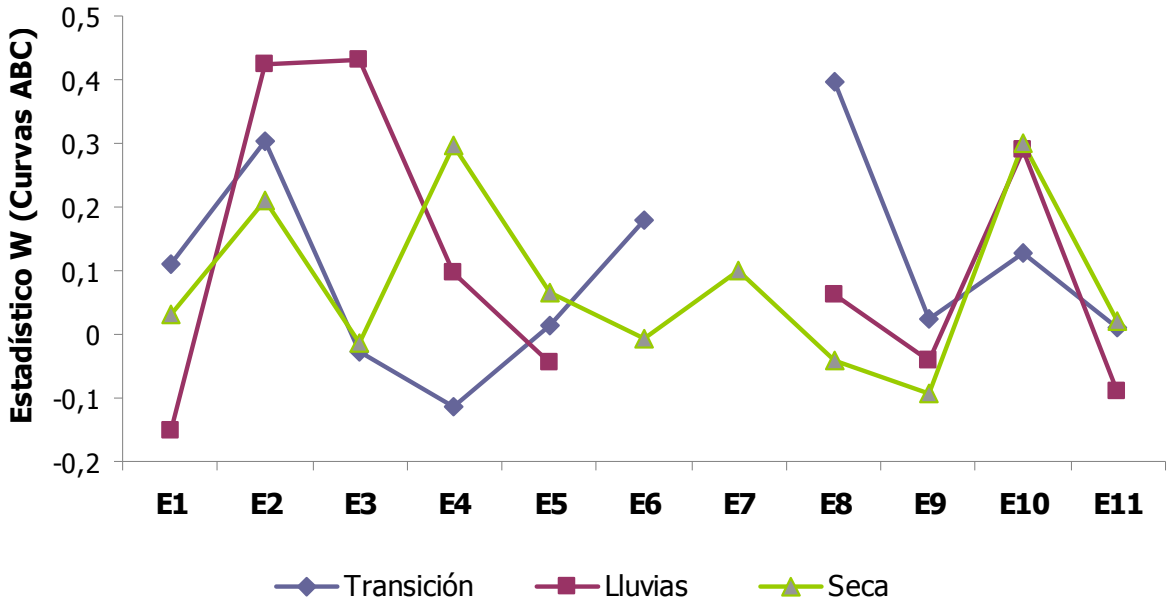
durante el mes de agosto (período de transición) no se registró perturbación en la comunidad en las estaciones E1, E2, E6, E8 y E10, mientras que las estaciones E3, E4, E5, E9 y E11, mostraron una configuración de levemente perturbadas.

Este patrón varió durante el mes de noviembre (lluvias), mostrándose una fuerte perturbación en la comunidad en la estación E1 mientras que en las estaciones E3 y E4, que en agosto se mostraban como levemente perturbadas, no se presentó perturbación; asimismo la estación E8 que durante el mes de agosto no registró perturbación, ahora se muestra como levemente perturbada. Finalmente en la época seca, las estaciones E6, E8 y E9 mostraron una configuración de levemente perturbadas.

De manera general, las estaciones que se encontraron levemente perturbadas, fueron aquellas en donde las curvas de biomasa y abundancia se entrecruzaron en algún punto. Este resultado es explicado - como lo indica Clarke y Warwick (op.cit), porque las especies dominantes no retornaron a estos nichos, y por lo tanto la desigualdad del tamaño entre las curvas es reducida, estando cercanamente coincidentes, pudiendo cruzarse una o varias veces.

Las estaciones mas perturbadas fueron aquellas donde la curva de abundancia corrió por encima de la curva de biomasa como resultado de un incremento dominado por una o pocas especies (familias). Para el caso, las curvas de transición y lluvias de las estaciónes E6 y E7 no se incluyen debido a que solamente se registraron uno, dos, o ningún individuo, y por lo tanto no se puede establecer con certeza si hubo o no perturbación.

Figura 3-71 **Valores del estadístico W correspondiente a las curvas acumuladas (ABC), de comparación entre abundancia y biomasa, para cada una de las estaciones de muestreo. Época de transición (agosto de 2007); lluvias (noviembre de 2007) y seca (marzo de 2008).**



Para corroborar este resultado, se realizaron las curvas comparativas de abundancia y biomasa (ABC) parciales, en consideración a dichas curvas se basan en que las altas abundancias de una familia con bajas biomasas puede ser indicadoras de la ocurrencia de juveniles en la comunidad y no de una perturbación (Clarke y Warwick,op. cit.), y en razón a que éstas no se ven afectadas por una sucesiva remoción de una o dos familias abundantes en términos de cantidad o biomasa cuando la perturbación es real, haciendo más confiable su interpretación. En las curvas parciales se observa el mismo patrón de perturbación.

Debido a que se considera a los estuarios como ecosistemas naturalmente estresados, altamente variables en sus características fisicoquímicas y que en particular, describen una similaridad biótica en cuanto a las características de los organismos y del ensamblaje entre estuarios estresados naturalmente o inducidos por el hombre, se hace muy difícil aislar los

efectos de las actividades antropogénicas de la serie compleja de otros factores que pueden afectar la fauna bentónica (Harvey *et al.*, 1998[91]), para el caso, de la bahía de Cartagena.

En este sentido, los esquemas de perturbación leve registrados en la comunidad de las estaciones muestreadas en la Bahía, pueden deberse a las constantes descargas de aguas residuales domésticas, así como a los aportes variables del Canal del Dique, mismos que aumenta el volumen de sus descargas de aguas continentales en época de lluvias arrastrando gran cantidad de material particulado que ingresa a la bahía, además de las industriales provenientes de las empresas ubicadas en la zona. Esta condición puede ocasionar cambios en el sedimento y por tanto perturbaciones en la comunidad macrobentónica, ya que la distribución y abundancia de organismos bentónicos son afectadas por la composición del sedimento producido en el área de influencia de descargas de ríos y lagunas costeras, tal como sucede en la bahía de Cartagena (Andrade *et al.*, 1988[92]; Garay y Giraldo, 1997[93]).

- *Distribución espacio-temporal de las asociaciones*

El análisis de clasificación adelantado tanto para la composición de familias como la abundancia de los organismos, mostró que en la comunidad macrozoobentónica de la bahía de Cartagena existe una situación que se ajusta al concepto de comunidades continuas, donde las comunidades se van "diluyendo" una en otra de forma escalonada (Figura 3-72 y Figura 3-73). En esta se muestra que a un nivel de similaridad del 50% no existen grupos conformados como tal, sino algunas asociaciones de dos o tres estaciones sin características comunes entre sí. Este tipo de comportamiento de datos, puede indicar que dichas comunidades presentaron patrones de distribución independientes entre sí.

La forma de asociación de las estaciones indica seguramente poca afinidad entre ellas, lo cual implica que la presencia de una familia común para dos estaciones no depende de la presencia de otras familias comunes para las mismas estaciones (distribución independiente). En este caso, se presentaron familias numéricamente conspicuas y que al mismo tiempo estuvieron restringidas a un tipo de estación particular para hallar dominancia intraespecífica, destacando en la estación de E1 en lluvias y transición los poliquetos Paraonidae, Capitelidae y el oligoqueto Tubificidae. De igual forma, en la

[91] HARVEY, M., D. GAUTHIER y. UNRO. 1998. Temporal changes in the composition and abundance of the macro-benthic invertebrate communities at dredged material disposal sites in the Anse a Beaufils, Baie des Chale*URS*, Eastern Canada. Marine Pollution Bulletin, 36: 41–55.

[92] ANDRADE, C. F., F. ARIAS y F. THOMAS. 1988. Notas sobre la turbidez, circulación y erosión en la región de Cartagena (Colombia). Boletín Científico C.I.O.H. 8:71-81.

[93] GARAY, J y L. GIRALDO. 1997. Influencia de los aportes de materia orgánica externa y autóctona en el decrecimiento de los niveles de Oxígeno disuelto en la Bahía de Cartagena, Colombia. Bol. Cient. CIOH. 18: 1-13.

estación E6 en época seca se destacó Cossuridae, mientras que el poliqueto Spionidae fue dominante en la estación E3 en época seca.

Aparte de lo señalado, el resto de las estaciones no presentaron una dominancia específica de alguna familia, pero si una diferencia en la composición de dichas familias, lo que contribuyó a la dismilaridad dentro de la ordenación.

Figura 3-72 **Resultados del análisis de clasificación del componente biológico en las épocas climáticas de transición (agosto de 2007), lluvias (noviembre de 2007) y seca (marzo de 2008). Índice de similaridad Bray-Curtis. Ligamiento UPGMA.**

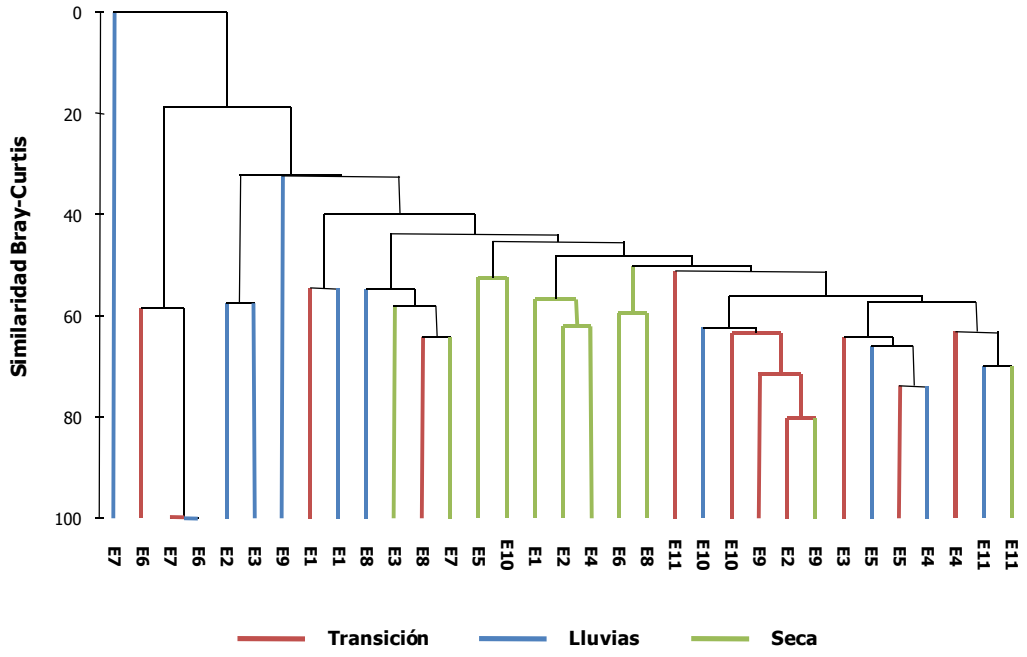
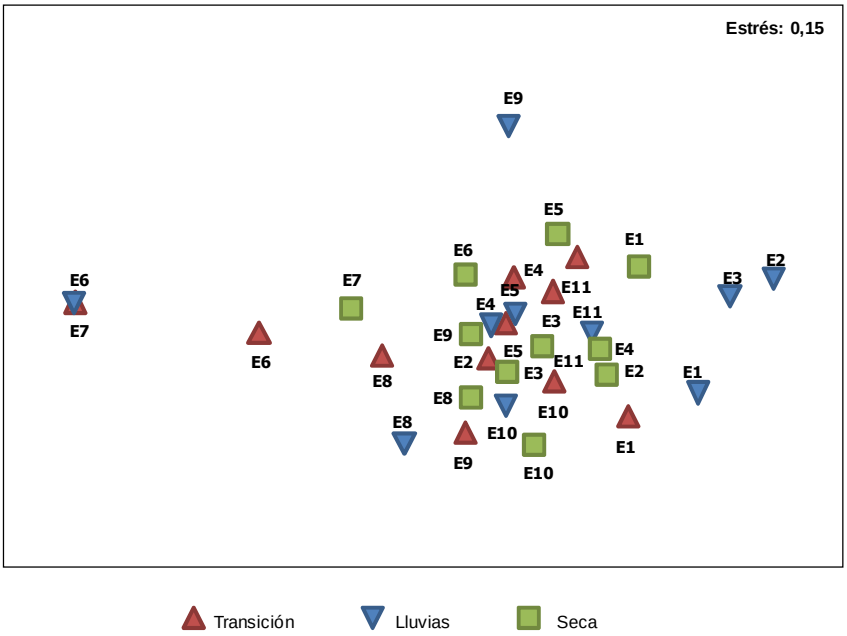


Figura 3-73 **Resultado del análisis de ordenación, mediante la técnica de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) del componente biológico en las épocas climáticas de transición (agosto de 2007), lluvias (noviembre de 2007) y seca (marzo de 2008). Nivel de estrés de 0,15 entre 9.999 reiteraciones.**



Este tipo de agrupación de las estaciones, presentó una forma similar a las encontradas por García y Sandoval (1983), para el área comprendida entre Tasajera y el Aeropuerto de Santa Marta; por Guzmán-Alvis (1993) en el área comprendida entre Ciénaga y bahía Concha, Caribe colombiano; y por Solano *et al.* (2008b) en la bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano. Los autores mencionados, aseguran que su forma de asociación es debida a la variabilidad de la composición de especies comunes entre las estaciones y a sus diferencias en abundancia entre una y otra estación, lo que conlleva a una baja similaridad entre las estaciones.

La ordenación dejó ver una tendencia espacial no tan definida sobre el eje horizontal desde las estaciones E6 y E7 de poca diversidad, siguiendo con las estaciones E8, E9, E10 y E11 en el centro y en la parte centro derecha, las estaciones E5, E4, E3, E2 y E1 de las estaciones más diversas, cercanas a la costa (Figura 3-73). La confiabilidad de la ordenación fue buena al presentar un nivel de estrés de 0,15 (Kruskal y Wish, 1978 op. cit; Clarke y Warwick, 2001 op.cit).

Analizando los resultados del Análisis Discriminante Generalizado (GDA) usando CAP, se encuentra que existen diferencias significativas en la estructura comunitaria macrozoobentónica de los muestreos realizados en las épocas climáticas de transición,

lluvias y seca (tr = 1,3178, p = 0,0034) empleando 4.999 permutaciones. Se escogieron 14 ejes del análisis de coordenadas principales PCoA para incluirlos en el GDA, los cuales explicaron el 98,87% de la varianza del análisis.

El análisis canónico produjo dos ejes canónicos con correlaciones cuadradas canónicas de δ_1^2= 0,5688 y δ_2^2=0,7490siendo interesante anotar que además del contraste de hipótesis que reveló diferencias significativas entre las épocas climáticas, la ordenación de las estaciones mostró una separación definida de cada uno de los grupos (Figura 3-75). Este resultado es confirmado por el procedimiento del "*leave-one out*" dentro del análisis del GDA, en el cual 20 de 33 ubicaciones (60,6%) dentro de los tres grupos de estaciones fueron exitosas, destacando la época seca como el grupo más definido.

Los resultados confirman que las estaciones muestreadas sufrieron un cambio en su abundancia y composición durante el período de muestreo. Si bien la respuesta de cada estación fue diferente, estas se vieron afectadas por las épocas climáticas. Esto es confirmado con las familias indicadoras observadas en la Figura 3-74 y Tabla 3-37, las cuales presentaron correlaciones superiores a |0,3| sobre uno de los dos ejes canónicos. Todas las familias ocurrieron en promedio en la zona de muestreo con abundancias menores a un individuo, indicando la inestabilidad de la bahía y a las condiciones de estrés a la cual se encuentra sometida. Solamente el poliqueto Spionidae ocurrió en las tres épocas con mayor dominancia en la época seca. De las 43 familias indicadoras, 27 de ellas (62,8%) fueron exclusivas, de los cuales seis familias estuvieron presentes en transición, 18 familias exclusivas en lluvias y en la época seca solamente tres familias.

Figura 3-74 **Resultado del análisis discriminante generalizado GDA usando CAP, mostrando la ordenación que maximiza las diferencias del componente biológico en las estaciones correspondientes a las épocas climáticas de transición (agosto de 2007), lluvias (noviembre de 2007) y seca (marzo de 2008), en la bahía de Cartagena. Correlaciones de las familias con el eje canónico 1 y 2 (r > |0,3|).**

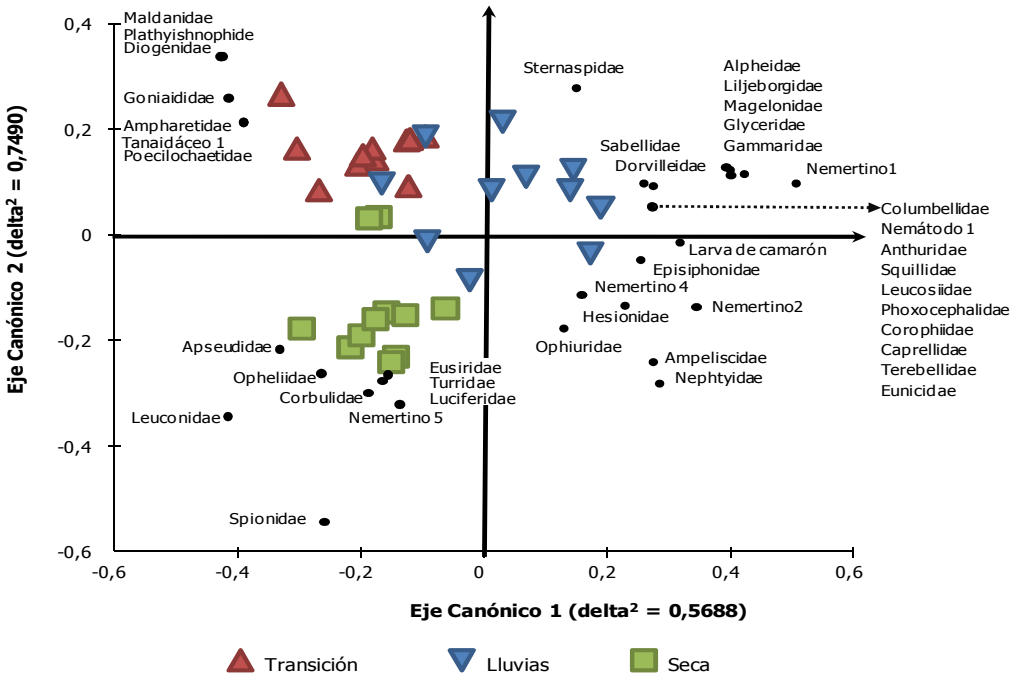


Tabla 3-37 **Especies indicadoras del análisis discriminante generalizado GDA usando CAP. Correlaciones superiores a r |0,3| en uno de los dos ejes canónicos. Valores de abundancia promedio ± desviación estándar en las épocas climáticas de transición, lluvias y seca.**

Grupo	Familia	Eje Canónico 1	Eje Canónico 2	Transición	Lluvias	Seca
Nemertino	Nemertino tipo 1	0,5827	0,2516	0 ± 0	1,18 ± 1,66	0,09 ± 0,3
Nemertino	Nemertino tipo 2	0,503	-0,0224	0 ± 0	0,27 ± 0,47	0,09 ± 0,3
Crustáceo-Anfípodo	Gammaridae	0,4972	0,2406	0 ± 0	0,55 ± 1,04	0 ± 0
Anélido-Poliqueto	Nephtyidae	0,4915	-0,18	0 ± 0	0,36 ± 0,67	0,27 ± 0,47
Crustáceo-Decápodo	Alpheidae	0,4772	0,231	0 ± 0	0,36 ± 0,92	0 ± 0
Crustáceo-Anfípodo	Liljeborgidae	0,4733	0,2395	0 ± 0	0,18 ± 0,4	0 ± 0
Crustáceo-Anfípodo	Ampeliscidae	0,4688	-0,1443	0 ± 0	0,91 ± 1,92	0,36 ± 0,67
Anélido-Poliqueto	Glyceridae	0,466	0,2425	0 ± 0	0,27 ± 0,65	0 ± 0
Anélido-Poliqueto	Magelonidae	0,4629	0,2431	0 ± 0	0,64 ± 1,57	0 ± 0
Crustáceo-Decápodo	Larva camarón tipo 1	0,4381	0,0835	0 ± 0	0,27 ± 0,65	0,09 ± 0,3
Anélido-Poliqueto	Hesionidae	0,3925	-0,0581	0,09 ± 0,3	0,91 ± 1,3	0,36 ± 0,5
Molusco-Escafópodo	Episiphonidae	0,3885	0,0332	0 ± 0	0,09 ± 0,3	0 ± 0

Grupo	Familia	Eje Canónico 1	Eje Canónico 2	Transición	Lluvias	Seca
Anélido-Poliqueto	Maldanidae	-0,3809	0,1824	0,09 ± 0,3	0 ± 0	0 ± 0
Crustáceo-Decápodo	Diogenidae	-0,3809	0,1824	0,09 ± 0,3	0 ± 0	0 ± 0
Crustáceo-Anfípodo	Plathyishnophide	-0,3774	0,1831	0,27 ± 0,65	0 ± 0	0 ± 0
Anélido-Poliqueto	Eunicidae	0,3732	0,135	0 ± 0	0,09 ± 0,3	0 ± 0
Anélido-Poliqueto	Terebellidae	0,3732	0,135	0 ± 0	0,09 ± 0,3	0 ± 0
Crustáceo-Anfípodo	Caprellidae	0,3732	0,135	0 ± 0	0,45 ± 1,51	0 ± 0
Crustáceo-Anfípodo	Corophiidae	0,3732	0,135	0 ± 0	0,09 ± 0,3	0 ± 0
Crustáceo-Anfípodo	Phoxocephalidae	0,3732	0,135	0 ± 0	0,18 ± 0,6	0 ± 0
Crustáceo-Decápodo	Leucosiidae	0,3732	0,135	0 ± 0	0,09 ± 0,3	0 ± 0
Crustáceo-Estomatópodo	Squillidae	0,3732	0,135	0 ± 0	0,09 ± 0,3	0 ± 0
Crustáceo-Isópodo	Anthuridae	0,3732	0,135	0 ± 0	0,09 ± 0,3	0 ± 0
Molusco-Gastrópodo	Columbellidae	0,3732	0,135	0 ± 0	0,09 ± 0,3	0 ± 0
Nemátodo	Nemátodo tipo 1	0,3732	0,135	0 ± 0	0,09 ± 0,3	0 ± 0
Anélido-Poliqueto	Dorvilleidae	0,3638	0,1731	0 ± 0	0,18 ± 0,4	0 ± 0
Anélido-Poliqueto	Sabellidae	0,3475	0,1706	0 ± 0	0,27 ± 0,65	0 ± 0
Anélido-Poliqueto	Goniadidae	-0,3433	0,1117	0,09 ± 0,3	0 ± 0	0,09 ± 0,3
Nemertino	Nemertino tipo 4	0,3199	-0,0611	0 ± 0	0,27 ± 0,65	0,18 ± 0,6
Equinodermo-Ofiúrido	Ophiuridae	0,3133	-0,1306	0 ± 0	0,09 ± 0,3	0,09 ± 0,3
Anélido-Poliqueto	Ampharetidae	-0,3056	0,0757	0,09 ± 0,3	0 ± 0	0 ± 0
Anélido-Poliqueto	Poecilochaetidae	-0,3056	0,0757	0,09 ± 0,3	0 ± 0	0 ± 0
Crustáceo-Tanaidáceo	Tanaidáceo tipo I	-0,3056	0,0757	0,09 ± 0,3	0 ± 0	0 ± 0
Anélido-Poliqueto	Spionidae	0,0583	-0,6003	2,82 ± 2,93	3,82 ± 3,74	17,27 ± 11,56
Crustáceo-Cumáceo	Leuconidae	-0,1529	-0,4604	0,27 ± 0,65	0 ± 0	0,64 ± 0,81
Nemertino	Nemertino tipo 5	0,1049	-0,3502	0 ± 0	0,09 ± 0,3	0,36 ± 0,67
Molusco-Bivalvo	Corbulidae	0,0494	-0,3451	0,09 ± 0,3	0,36 ± 0,92	0,45 ± 0,69
Anélido-Poliqueto	Opheliidae	-0,0357	-0,335	0,18 ± 0,4	0,09 ± 0,3	0,64 ± 1,03
Crustáceo-Decápodo	Luciferidae	0,0629	-0,3168	0 ± 0	0 ± 0	0,09 ± 0,3
Crustáceo-Tanaidáceo	Apseudidae	-0,1141	-0,3125	0,18 ± 0,4	0 ± 0	0,91 ± 2,12
Anélido-Poliqueto	Sternaspidae	0,1855	0,3092	0,09 ± 0,3	0,27 ± 0,65	0 ± 0
Molusco-Gastrópodo	Turridae	0,0682	-0,3032	0 ± 0	0 ± 0	0,09 ± 0,3
Crustáceo-Anfípodo	Eusiridae	0,0682	-0,3032	0 ± 0	0 ± 0	0,09 ± 0,3

- *Relación del componente biótico y fisicoquímico*

Dentro de los análisis adelantados para determinar el conjunto de variables ambientales que mejor explicaron el arreglo comunitario, las variables de profundidad y Carbono inorgánico, fueron transformadas en raíz cuarta para hallar la normalidad univariada. Contrariamente, las variables de saturación de Oxígeno, Carbono total, Cadmio, Níquel, Nitrógeno total, sedimento tipo gránulo, arena muy gruesa, arena gruesa, arena media, arena fina, arena muy fina,cieno-limo y materia orgánica, si bien no presentaron normalidad en sus distribuciones, no fueron transformadas, en razón a que la transformación con funciones de distinto poder no tuvo ningún efecto. Finalmente las variables de sedimento tipo arena media y arena muy fina, fueron eliminadas del análisis

por presentar correlaciones mayores a r ≥ |0,9| y un nivel de significancia p ≤0,05 con otras variables, para los fines de evitar solapamiento en la información y que éstas originen ruido en la combinación del componente abiótico con el componente biológico.

Así las cosas y mediante la aplicación del Bio-Env a las variables seleccionadas, se determinó que la estructura de la comunidad en los tres períodos climáticos, estuvo influenciada por la profundidad, conductividad, saturación de Oxígeno y sedimento tipo arena fina (Tabla 3-38). Es preciso anotar que el sedimento tipo arena media; al encontrarse correlacionado significativamente con algunas de estas variables resultantes del análisis, también influyó en la estructura comunitaria encontrada en los tres períodos. Se observa que las variables que configuraron dicha comunidad en cada una de la estaciones, correspondieron a factores de la estructura física del hábitat.

Tabla 3-38 **Resultado del análisis multivariado (BIO-ENV) mediante el coeficiente de correlación armónico por rangos de Spearman. Combinación del componente biótico con 18 variables fisicoquímicas. El primer valor indica la máxima correlación encontrada en cada una. Correlación original del Bio-Env (x), variables correlacionadas con otras (+).**

Variables tomadas de la columan del agua a nivel de fondo y del sedimento*																		
Pw	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
0,581	**X**		**X**		**X**									**+**	**X**			
0,549	X		X		X							X		+	X			
0,548	X		X		X						X			+	X			
0,541	X		X	X	X									+	X			
0,539	X		X		X													

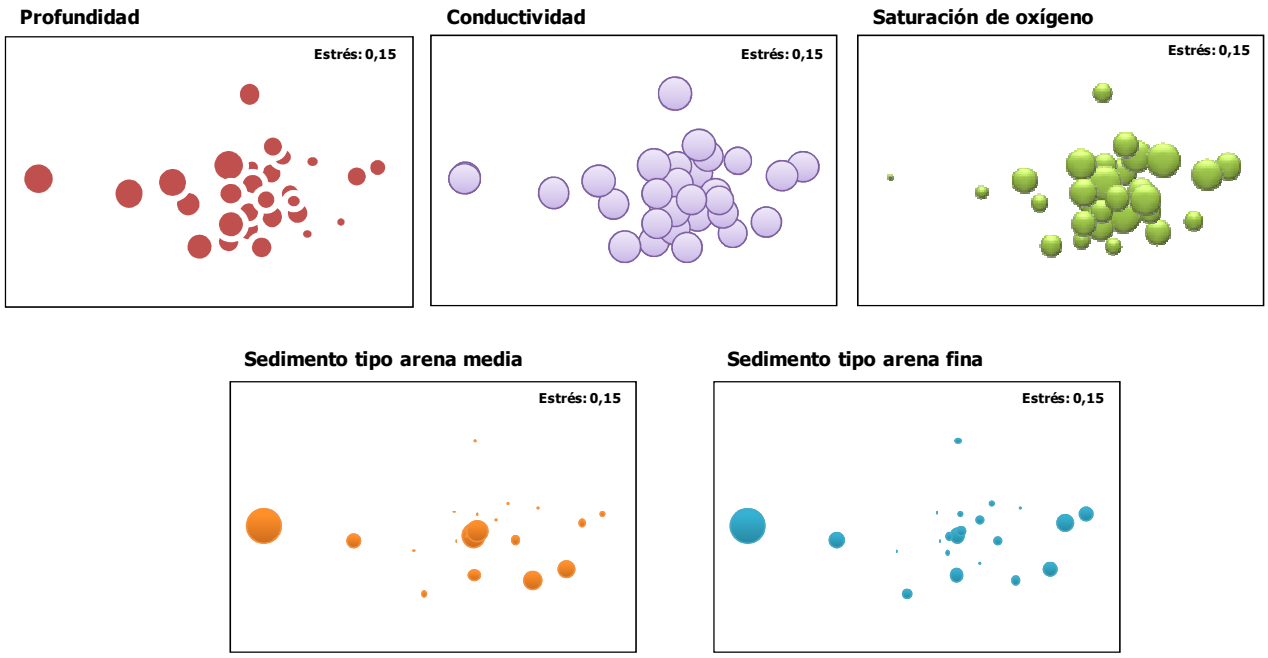
(*). Variables de la columna del agua a nivel de fondo: Profundidad (1); temperatura (2); conductividad (3); pH (4), saturación de Oxígeno (5). Variables del sedimento: Carbono inorgánico (6); Carbono total (7); Cadmio (8); Níquel (9), Nitrógeno total (10); sedimento tipo gránulo (11); sedimento tipo arena muy gruesa (12); sedimento tipo arena gruesa (13); sedimento tipo arena media (14); sedimento tipo arena fina (15); sedimento tipo arena muy fina (16); sedimento tipo cieno y limo (17); materia orgánica (18)

Vale destacar cómo tanto el gradiente de temperatura, como la profundidad, el tamaño del graño, la velocidad de la corriente y los procesos hidrológicos de sedimentación, han sido reportados como los principales factores físicos que controlan los patrones de diversidad espacial de las comunidades asociadas a los cuerpos de agua. Asimismo, la profundidad, el nivel de3 saturación de Oxígeno y el tipo de sedimento han sido igualmente descritas por

varios autores, como factores influyentes en la macrofauna bentónica de sistemas estuarinos (Engle *et al*., 1994[94]).

En el caso de la conductividad, aunque no muestra un patrón claro de diferenciación entre las estaciones, ya que en general se registran muy homogéneos, siendo importante destacar que esta variable ha sido correlacionada con diferentes tipos de comunidades que habitan sistemas estuarinos (Figura 3-75).

Figura 3-75 **Superposición de valores de las variables abióticas (profundidad, conductividad, pH, saturación de Oxígeno y sedimentos tipo arenas muy finas), sobre el análisis de ordenación nMDS de la macrofauna bentónica. El tamaño del círculo representa la magnitud de la variable.**



Se registra también en laFigura 3-75, la influencia del porcentaje de saturación de Oxígeno (variable que se encuentra relacionada inversamente con la profundidad) sobre la comunidad bentónica, siendo bastante bajo para las estaciones E6 y E7, y que podría estar indicando igualmente contaminación orgánica en dichas estaciones, la gual genera condiciones desfavorables para la presencia de macrofauna bentónica. Sobre el particular,

[94] ENGLE, V.D., J.K SUMMERS y J.R. GASTON. 1994. A benthic index of environmental condition in Gulf of Mexico estuaries. Estuaries. 17: 372:384.

autores como Theede (1981)[95] y otros, plantean que un elevado incremento y acumulación de materia orgánica, origina una demanda bioquímica de Oxígeno muy alta, dejando como resultado un medio de condiciones anóxicas en el que muy pocos organismos pueden sobrevivir.

Además, de las fuentes naturales de materia orgánica, las estaciones ubicadas en la bahía de Cartagena están sujetas a descargas significativas de materia orgánica proveniente de vertimientos de aguas residuales provenientes del alcantarillado y basuras de la zona urbana, entre otros contaminantes asociados.

El coeficiente de correlación obtenido en el presente estudio es similar al encontrado en otras áreas del Caribe colombiano, siendo por ejemplo semejante al reportado por Guzmán-Alvis *et al*., (2001 op.cit) en la zona de Pozos Colorados y bajo comparado con otros trabajos realizados en el área de Cartagena (INVEMAR, 2004c op.cir, en Punta Canoas) (Tabla 3-39).

Tabla 3-39 **Variables ambientales con altos coeficientes de correlación armónica (Pw) obtenidos en diferentes estudios del Caribe colombiano. Amf: arena muy fina; Af: arena fina; Am: arena media; Ag: arena gruesa; Ci: cieno; G: gránulos; FO: Fósforo orgánico; MO: materia orgánica; NO: Nitrógeno orgánico; NO_2: nitritos; OD: Oxígeno disuelto; SO: saturación de Oxígeno; Prof: profundidad; Turb: turbiedad; Zn: zinc; Pb: plomo; Na: sodio; As: arsénico; HAP: hidrocarburos poliaromáticos; HAT: hidrocarburos aromáticos totales**

VARIABLES	Pw	LOCALIDAD	FUENTE
Prof, MO, Ag	0,271	Campo Chuchupa (La Guajira)	Invemar (1995)
Prof, Turb	0,620	Pozos Colorados (Magdalena)	Guzmán-Alvis y Córdoba (1996)
Pro	0,309	Golfo de Salamanca, (Magdalena).	Guzmán-Alvis y Díaz (1996)
Prof, Amf	0,610	Mingueo (La Guajira)	Guzmán-Alvis y Solano (1997)
Prof	0,632	Pozos Colorados - Bahía El Rodadero (Magdalena)	Cordoba y Tejada (1997)
Prof, G, Sal, MO, FO	0,450	Pozos Colorados - Bahía El Rodadero (Magdalena)	Arango y Solano (1999)
Prof	0,532	Pozos Colorados - Bahía El Rodadero (Magdalena)	Guzmán-Alvis *et al*. (2001)
Ci	0,713	Bahía Portete (La Guajira)	INVEMAR (2004ca)
Prof, MO, Ag, NO_2	0,849	Campo Chuchupa (La Guajira)	INVEMAR (2004cb)
MO, OD, Sal, Turb	0,732	Punta Canoas (Bolívar)	INVEMAR (2004cc)
MO, NO, OD, Sal, Turb	0,119	Ciénaga de Tesca (Bolívar)	
Ag, Zn, Prof	0,866	Plataforma de gas “Chuchupa B” (La Guajira)	Solano *et al*., 2007a. Marzo – Abril - Septiembre
G, Am, Pb, Na, DBO_5	0,843	Plataforma de gas “Chuchupa B” (La Guajira)	

[95] THEEDE, H. 1981. Studies on the role of benthic animals of the western Baltic in the flow energy and organic material. Kieler Meeresforsch. Sonderh., 5: 434-444

HAPs, G, As, SO, Prof	0,946	Plataforma de gas "Chuchupa B" (La Guajira)	
Ci, Amf, HAT	0,630	Isla de Jonnhy (San Andrés)	INVEMAR, 2007b
Prof, Cond, SO, Af	*0,581*	*Bahía de Cartagena*	***Presente Estudio***

3.3.2.3 Monitoreo de las comunidades de peces de la Bahía de Cartagena

En cuanto a las comunidades de peces presentes en la bahía, se llevaron a cabo tres muestreos abarcando las épocas climáticas, uno en transición que se realizó entre el 2 y el 4 de agosto de 2007; el de lluvias entre el 20 y 22 de noviembre de 2007 y el muestreo de la época seca entre el 27 y 29 de marzo de 2008. Todas las muestras se obtuvieron en 6 de las 11 estaciones de la grilla propuesta y se tomaron en las mismas estaciones durante todas las épocas (Tabla 3-37). Las estaciones se seleccionaron abarcando todas las áreas dentro de la grilla y se escogieron teniendo en cuenta su ubicación respecto a la influencia de entrada de agua dulce, marina y cerca de la zona industrial, de tal manera que se lograran evaluar las condiciones ambientales particulares que pudieran contribuir a diferencias en el ensamblaje de peces en cada lugar.

No se llevaron a cabo muestreos en todas las estaciones debido a la cercanía entre algunas de ellas, por causas asociadas a las limitaciones de los artes de pesca y a las normas sobre el uso de éstas dentro de la bahía, ya que no es permitida la pesca, ni colocar trasmallos ni menos aún utilizar otras artes de pesca en las rutas de tránsito de las embarcaciones.

El muestreo se llevó a cabo en dos unidades de pesca típicas de la región (codificadas como UP1 y UP2, respectivamente); cada una constituida por una canoa con motor fuera de borda, un trasmallo y dos pescadores. Durante las tres épocas se utilizaron las mismas unidades de pesca y cada una de ellas realizó las faenas siempre en las mismas estaciones: la UP1 siempre visitó las estaciones E1, E6 y E11 y la UP2 realizó el muestreo siempre en las estaciones E3, E5 y E9) (Tabla 3-40).

Tabla 3-40 Localización de estaciones para el estudio de peces en la bahía de Cartagena

ESTACIÓN	SÍMBOLO	COORDENADAS*		CÓDIGO UNIDAD DE PESCA
		Latitud (N)	Longitud (W)	
ESTACIÓN 1	E1	10° 18' 05,22"	75° 30' 15.54"	UP1
ESTACIÓN 3	E3	10° 19' 11.35"	75° 30' 50.27"	UP2
ESTACIÓN 5	E5	10° 20' 15,48"	75° 30' 53.92"	UP2
ESTACIÓN 6	E6	10° 20' 15.81"	75° 32' 25.46"	UP1
ESTACIÓN 9	E9	10° 18' 09.71"	75° 31' 20.50"	UP2
ESTACIÓN 11	E11	10° 17' 09.73"	75° 32' 23.47"	UP1

**Sistema de coodenadas WGS84*

Para la captura de los peces se utilizó un trasmallo de 500 m de largo constituido por 5 paños, cada uno de 100 m de longitud. Dos de los paños tuvieron una altura de 4.60 m y ojo

de malla de 5 cm (1.97”). Los otros tres tuvieron una altura de 6.64 m y ojo de malla de 6 cm (2.36”). Los muestreos fueron diurnos (de 5:30 am a 1:00 pm) y en cada estación se realizaron dos lances (calados), los cuales tuvieron una duración de descanso del trasmallo en el agua de 3 horas aproximadamente (Foto 3-3).

Foto 3-3 **Secuencias de una faena de pesca: a. Unidad de pesca y preparación del trasmallo, b. lance (calado del trasmallo), c y d. recogida (virado) y f. almacenamiento de captura hasta su procesamiento en laboratorio**



Con los aparejos descritos y para cada lance se, dispuso el trasmallo teniendo en cuenta la dirección de la corriente y pasando por el punto de referencia. Los peces recolectados se guardaron en bolsas de polietileno rotuladas, y se refrigeraron hasta su procesamiento en el laboratorio.

Una vez en el laboratorio, los peces colectados se identificaron taxonómicamente y posteriormente se registró la longitud total (LT) y estándar (LS) de cada individuo, utilizando un ictiómetro de lámina acrílica de un metro de largo y con escala en mm y cm. Además, se registró el peso total (PT) en fresco, con una balanza eléctrica semianalítica de capacidad 3000 g y precisión 0,01 g. Posteriormente los peces se disectaron para observar sus gónadas y determinar su sexo (macho, hembra o indiferenciado) (foto 3-4). A los individuos que se les identificó como machos o hembras, se les determinó su estado de desarrollo gonadal con base en las características macroscópicas de sus gónadas (p. ej. tamaño, color, irrigación sanguínea, turgencia) utilizando la escala de Holden y Raiit. (1975) modificada por Santos Martínez (1989), donde: I: es inmaduro; II: madurando; III: maduro y IV: desovado.

Foto 3-4 **Toma de datos biológicos de las especies de peces colectadas. a. Medición, b. Pesaje y c. determinación de sexo y estado gonadal**



Los organismos colectados se identificaron hasta el menor nivel taxonómico posible utilizando guías de campo especializadas (Cervigón et al., 1992; Nelson, 2006[96], Carpenter, 2002). El listado de las especies se realizó siguiendo el orden filogenético de las familias de

[96] NELSON, J. S. 2006. Fishes of the world. 4th edition. Jonh Willey & Sonn, Inc. Hoboken, New Jersey, 624p.

acuerdo con el trabajo de Nelson (2006), utilizando los nombres y autores de las especies registrados por Froeser y Pauly (2007) y los nombres comunes reportados por los pescadores de la región. Al interior de cada familia, las especies se ordenaron alfabéticamente.

Se realizó con base en el registro de muestreo y en general la información conocida de las especies colectadas, la descripción de las características poblacionales de las especies tales como el promedio e intervalo de tallas y peso de las especies colectadas, la proporción de sexos (M:H) y clasificación de acuerdo a su estado de desarrollo gonadal.

Los indicadores basados en la condición de los peces contribuyen al entendimiento de las tendencias a largo plazo en el estatus nutricional y energético de las poblaciones, cuando estas son expuestas a cambios en las condiciones ambientales y alterógenos ambientales crónicos (Barton et al., 2002[97]). Así, se evaluó la condición de las especies de peces más abundantes en las tres épocas climáticas a través del factor de condición de Fulton (FC) descrito por:

$$FC = (PT/LT3)*100$$

Donde se relaciona el peso total (PT) y la longitud total (LT) suponiendo un exponente de longitud constante, dado por el coeficiente de isometría (3). Este factor se aproxima a la unidad con una escala constante (Barton et al., 2002, op cit.). Este factor mide la robustez del pez y puede usarse para indicar cambios en el almacenamiento de energía, metabolismo y, posiblemente actividad alimenticia.

Para establecer si hubo diferencia en la condición de las especies más abundantes a través de las épocas, que pudieran ser asociados a cambios en las condiciones ambientales, disponibilidad de recursos, ciclos reproductivos o incluso estrés, se llevaron a cabo ANOVAs a una vía. Cuando los supuestos de normalidad y homosedasticidad no se cumplieron, los datos se transformaron logarítmicamente [Ln(x+1)].

En caso de que se observaran diferencias significativas, se llevó a cabo la prueba de comparación múltiple de mínima diferencia significativa (LSD, por sus siglas en inglés de Zar, 1996[98]). Cuando los supuestos no se cumplieron aún transformando los datos, se llevó a cabo un análisis de varianza no-paramétrico por rangos de Kruskal-Wallis, aplicando la comparación múltiple de Nemenyi (Zar, 1996, op.cit).

---

[97] BARTON, B.A.; J. D. MORGAN y M. M. VIJAYAN. 2002. Physological and condition-related indicators of environmental stress in fish. En ADAMS, S. M. Biological indicators of aquatic ecosystem stress. American Fisheries Society, Maryland.

[98] ZAR, J.H. 1996. Biostatisticas analysis. Prentice-Hall, Englewood Clifs., New Jersey.

Aparte de los análisis aplicados y con el fin de establecer la estructura trófica de las especies colectadas en las tres épocas, se determinaron a través de información secundaria los hábitos tróficos y los grupos funcionales a los cuales pertenecen las especies capturadas, siguiendo los procedimientos aplicados por INVEMAR, 2004c, op.cit y Froese y Pauly, 2008[99].

Para estos fines, en el desarrollo del análisis comunitario se empleó una aproximación combinada de métodos uni y multivariados (Clark y Warwick, 2001, op.cit.) con el fin de representar la comunidad, discriminar sitios y condiciones en cada sitio, comparar las características de la comunidad entre épocas climáticas y finalmente, ligar patrones bióticos multivariados con las variables ambientales mas conspicuar, conforme el método seguido por Lercari et al., 2002[100].

Aparte de lo señalado, se describió la abundancia depeces como el número de individuos totales y la biomasa como el peso húmedo (g) por especie para cada estación y época, destacándose que el número de especies constituyó una medida de la riqueza (s) por estación y por época de muestreo. La diversidad se midió por medio del índice de Shannon-Weiner (H'), y la uniformidad se estimó mediante el índice de uniformidad de Pielou (J'), ya citados, Así mismo, la riqueza se describió además mediante el índice de Margalef (op.cit).

Adicionalmente y con el fin de establecer esquemas de relación espacial de los ensambles durante las épocas de estudio y, con base en la clasificación, se realizó un análisis de ordenación por el método de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), basado en una relación no lineal entre las similitudes y las distancias en el plano cartesiano (Field et al., 1982 en Ramírez, 1999, op. cit.). Los resultados de esta técnica se graficaron sobre un mapa de puntos que delimita el espacio bidimensional donde los componentes se sitúan, obteniendo la configuración final que presentó el menor nivel de estrés entre 9999 reiteraciones (Clarke y Ainsworth, 1993, en Clarke y Warwick, 2001, op.cit.). Este método por ser flexible puede representar en un espacio de pocas dimensiones, las relaciones complejas que existen entre las estaciones y las épocas, cuando las mismas son debidas a la variación en abundancia y composición de especies en cada una de ellas.

Para evaluar cuál fue la combinación de variables ambientales que mejor explicó las variaciones espaciales en la estructura comunitaria durante las épocas, se siguió la

---

[99] FROESE, R. y D. PAULY. (eds.). 2008 . FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (08/2007). Fecha de consulta: 4 de junio de 2008.

[100] LERCARI, D., O. DEFEO y E. CELENTANO. 2002. Consequences of a freshwater dischargeon the benthic communityand its habitat on an exposed sandy beach. Marine Pollution Bulletin 44:1397-1404.

aproximación dada por Clarke y Ainsworth (1993)[101] a través del BIOENV. Para este propósito, los datos de las variables ambientales tenidos en cuenta para relacionar con el componente biológico, se sometieron primero a un análisis de correlación de Pearson entre pares de dichas variables, y a un análisis gráfico de dispersión de puntos (draftsman-plot), con el fin de detectar las variables correlacionadas entre sí que resultarían redundantes al implementar el análisis del BIOENV.

Para esos fines, en el desarrollo de los análisis numéricos, se descartaron las variables que presentaron correlaciones absolutas mayores a 0,9 y un nivel de significancia $p< 0,05$, siendo así que las variables ambientales que presentaron concentración de puntos en un extremo de los gráficos, fueron transformadas al nivel apropiado, para de modo obtuvener una normalidad univariada (Clarke y Ainsworth, 1993; Warwick y Clarke, 2001, op.cit.). Todos los análisis uni y multivariados se llevaron a cabo por el INVEMAR, utilizando el programa PRIMER 5 y el programa InfoStat/p v 2.006 p.3.

- *Estructura y Composición de las especies de peces de la Bahía de Cartagena.*

Durante la pesca exploratoria realizada con trasmallo en 6 estaciones dentro de la grilla propuesta, adelantado en tres épocas de muestreo, se registraron 44 especies pertenecientes a 20 familias. En el muestreo de la época de transición se colectaron 29 especies de 16 familias; en el de lluvias, 28 especies de 16 familias y en la época seca 30 especies de 15 familias. Diez y siete especies se capturaron en los muestreos de las tres épocas; nueve especies se colectaron solo en la época de transición, cuatro especies fueron exclusivas del muestreo de la época de lluvias y ocho especies se observaron solo en el muestreo de la época seca. Solo tres especies fueron comunes a los periodos de transición y lluvias, dos especies a transición y secas y tres especies a lluvias y secas (Tabla 3-41).

En general, las familias con mayor representación de especies fueron Sciaenidae (nueve especies), Carangidae (ochos especies), Ariidae (cinco especies) y Haemulidae (cuatro especies). Durante transición, las familias mejor representadas en especies fueron Sciaenidae (seis especies) y Carangidae (cinco); en lluvias Sciaenidae (seis) y Ariidae (cuatro) y en secas la familia Sciaenidae (siete especies), conforme se registra en la Tabla 3-41.

Las especies exclusivas de los muestreos de cada época resultaron ser poco abundantes. Las especies de mayor abundancia (*Pellona harroweri*, *Opisthonema oglinum*, *Cathorops*

[101] CLARKE, K. L. y M. AINSWORTH. 1993. A method of linking multivariate community structure to environmental variables. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol. 92. p. 205-219

mapale, *Chloroscombrus chrysurus*, *Diapterus rhombeus* y *Micropogonis furnieri*) fueron consistentemente abundantes en las tres épocas climáticas.

Tabla 3-41 Número de individuos por especie, de peces colectadas en los muestreos realizados durante la época de transición (agosto), la época de lluvias (noviembre) y la época seca (febrero), en seis estaciones ubicadas dentro de la bahía de Cartagena.

Familia	Especie	Nombre común	Época			Total
			Transición	Lluvias	Secas	
Ariidae	*Ariopsis* sp.	Chivo cabezón	1	2	2	5
	Bagre bagre	Barbul			1	1
	Bagre marinus	Bagre playero	18	8	29	55
	Cathorops mapale	Barbul	64	122	96	282
	Sciades proops.	Chivo		2		2
Paralichthydae	*Syacium gunteri*	Pega pega		1		1
Carangidae	*Caranx crysos*	Cojinúa	3	5		8
	Caranx hippos	Jurel	2			2
	Caranx latus	Palometa			6	6
	Chloroscombrus chrysurus	Casabe	44	125	43	212
	Hemicaranx amblyrhynchus				5	5
	Oligoplites saurus	Sietecueros	2	9	3	14
	Selene setapinnis	Jorobado	1			1
Centropomidae	*Centropomus ensiferus*	Róbalo congo	5	1	1	7
	Centropomus undecimalis	Róbalo			1	1
Clupeidae	*Opisthonema oglinum*	Chopa	40	45	30	115
Elopidae	*Elops saurus*	Macabí	3	12	10	25
Engraulidae	*Anchoa spinifer*	Anchoa de charco	6			6
Gerreidae	*Diapterus rhombeus*	Mojarra amarilla	130	37	60	227
	Eucinostomus gula				1	1
	Gerres cinereus	Mojarra blanca	1			1
Haemulidae	*Conodon nobilis*	Ronco		1	1	2
	Haemulon bonariense	Ronco prieto	1			1
	Pomadasys corvinaeformis	Coroncoro gris	2		2	4
Lutjanidae	*Lutjanus synagris*	Chino	4	3	7	14
Mugilidae	*Mugil incilis*	Lisa		2		2
Polynemidae	*Polydactylus virginicus*				1	1
Pristigasteridae	*Pellona harroweri*	Sardina ojona	314	180	97	591
Sciaenidae	*Bairdiella ronchus*	Lambi	3	1	15	19
	Cynoscion jamaicensis	Corvinata	13	8	12	33
	Cynoscion leiarchus	Corvinata blanca	5			5
	Cynoscion steindachneri	Corvinata			2	2
	Isopisthus parvipinnis	Riana	27	13	51	91
	Larimus breviceps	Boquita de sábalo	7	3		10

Familia	Especie	Nombre común	Época			Total
			Transición	Lluvias	Secas	
	Micropogonias furnieri	Coya	68	30	3	101
	Stellifer stellifer			2	2	4
	Umbrina coroides				1	1
Scombridae	*Scomberomorus brasiliesis*	Sierra	2	1		3
	Scomberomorus cavalla	Carite		1	2	3
Serranidae	*Mycteroperca bonaci*	Cherna		1		1
Stromateidae	*Peprilus paru*	Pampanilla	1	1	2	4
Synodontidae	*Synodus foetens*	Lagarto playero	2			2
Trichiuridae	*Trichiurus lepturus*	Sable	4	9	4	17
Triglidae	*Prionotus punctatus*	Gallineta	3		2	5
Total general			**776**	**625**	**492**	**1893**
No. spp			**29**	**27**	**30**	**45**

Todas las especies colectadas en el desarrollo del estudio, son de hábitat marino y marino-estuarinas, mas no de habitats de aguas dulces. De igual manera, la mayoría de ellas, excepto *Cynoscion leiarchus* e *Isopisthus parvipinnis*, ya han sido reportadas por varios autores en trabajos anteriores realizados dentro de la bahía de Cartagena y en zonas aledañas como la ciénaga de la Virgen y la región costera de Cartagena (Sánchez y Salazar, 1982; Gómez-Rangel y Luna-González, 1993; Ospina Arango y Pardo Rodríguez, 1993; Solano y Villegas, 1996; INVEMAR, 2004c, op.cit).

En ninguna de las épocas se presentaron representantes de las familias de agua dulce en el área de estudio, lo que sugiere que las condiciones prevalentes en la bahía no permiten el ingreso o sobrevivencia de especies dulceacuícolas en la zona del estudio. Lo anterior se debe a que, a pesar de la entrada de la pluma del canal del Dique, la cual tiene un efecto variable a lo largo del año, la salinidad permanece alta (25-35 ups), gracias a los aportes de las aguas oceánicas que entran por Bocachica (Plagiardini et al., 1982, Andrade et al., 1988, op. cit.), lo que restringe el paso de especies de agua dulce hacia la bahía.

Sobre las familias encontradas, vale descatar que Scienidae, Carangidae y Haemulidae tienen sus representantes adultos en áreas costeras y arrecifales y se ha indicado que las especies pertenecientes a estas familias son traslocadoras de energía entre hábitats en las región del Atlántico Tropical Occidental (Parrish, 1989)[102], lo que determina la importancia de esta zona de la bahía en el mantenimiento del flujo de energía entre hábitats, por la exportación permanente de semilla hacia los hábitats adyacentes y por el movimiento de los

[102] PARRISH, J.D. 1989. Fish communities of the interacting shallow-water habitats in tropical oceanic regions. Marine Ecology Progress Series 58:143-160.

peces adultos de muchas de estas especies hacia la bahía, al reconocer que los mismos no son habitantes permanentes de la misma.

Se resalta de los especimenes colectados que ninguna de las especies a las que pertenecen, se encuentra incluida dentro de la lista roja de especies amenazadas de la Organización Mundial de la Naturaleza (UICN), ni ha sido evaluado su estado de vulnerabilidad para la región (UICN, 2008[103]; Frose y Pauly, 2007[104]).

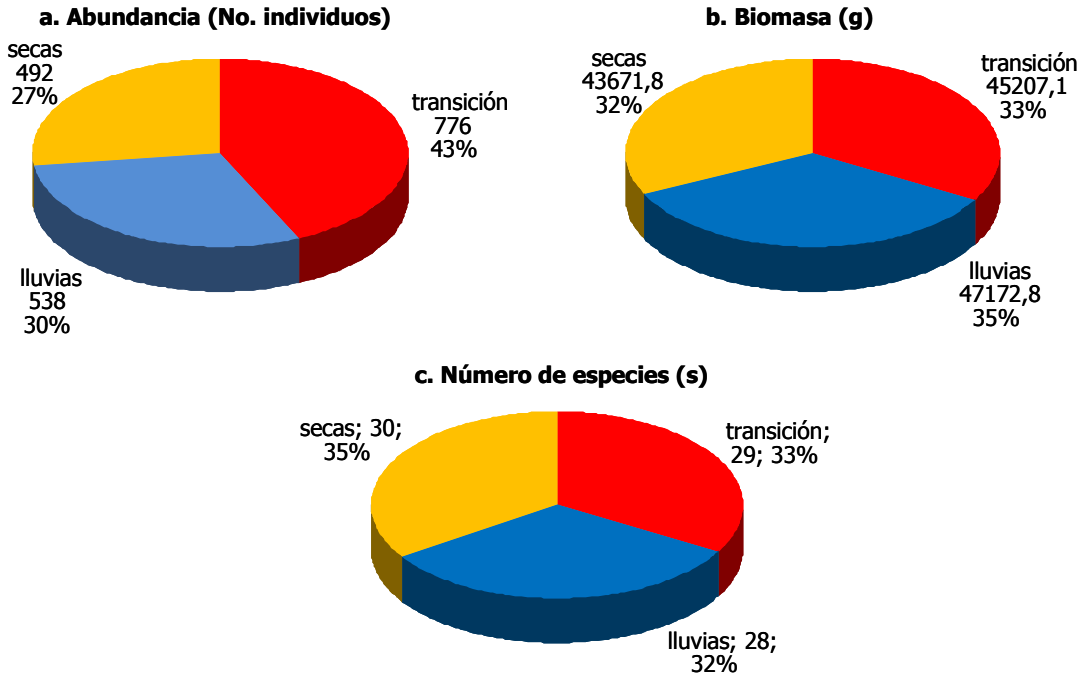
- *Variación espacial y temporal a nivel de las poblaciona de peces de la Bahía.*

Durante todo el período de estudio, se capturaron 1893 peces que representaron en biomasa 136.7 kg. De estos, durante la época de transición se colectaron 776 peces (45.2 kg); en lluvias 625 individuos (47.2 kg) y en época seca 492 individuos (43.7 kg). Al comparar la abundancia y biomasa por épocas de muestreo, se deduce que, a pesar de que en la época de transición se obtuvo la mayor cantidad de individuos, los peces tendieron a ser más pesados durante la época de lluvia y la seca, lo que sugiere que estas dos épocas se colectaron peces con tallas más grandes (Figura 3-76 a y b).

La estación E1 mostró el mayor número de especies en relación a las otras estaciones en todas las épocas, la estación E9 tuvo la menor riqueza en transición y secas, mientras que en lluvias el menor número de especies se presentó en E6. El número promedio de individuos y peso promedio más alto se obtuvo en la estación E3 durante la época de transición, pero a su vez, fue en la que se observó la mayor variabilidad en la captura obtenida en los dos lances realizados. En lluvias la abundancia y el peso promedio más altos se obtuvieron en la estación E9 y en secas, los mayores valores de estas variables se observaron en la estaciones E1, E6 y E11 (Figura 3-77).

[103] IUCN 2007. 2007 IUCN Red List of Threatened Species. <www.iucnredlist.org>. Fecha de consulta: 04 de Junio de 2008.
[104] FROESE, R. y D. PAULY. (eds.). 2008 . FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (08/2007). Fecha de consulta: 4 de junio de 2008.

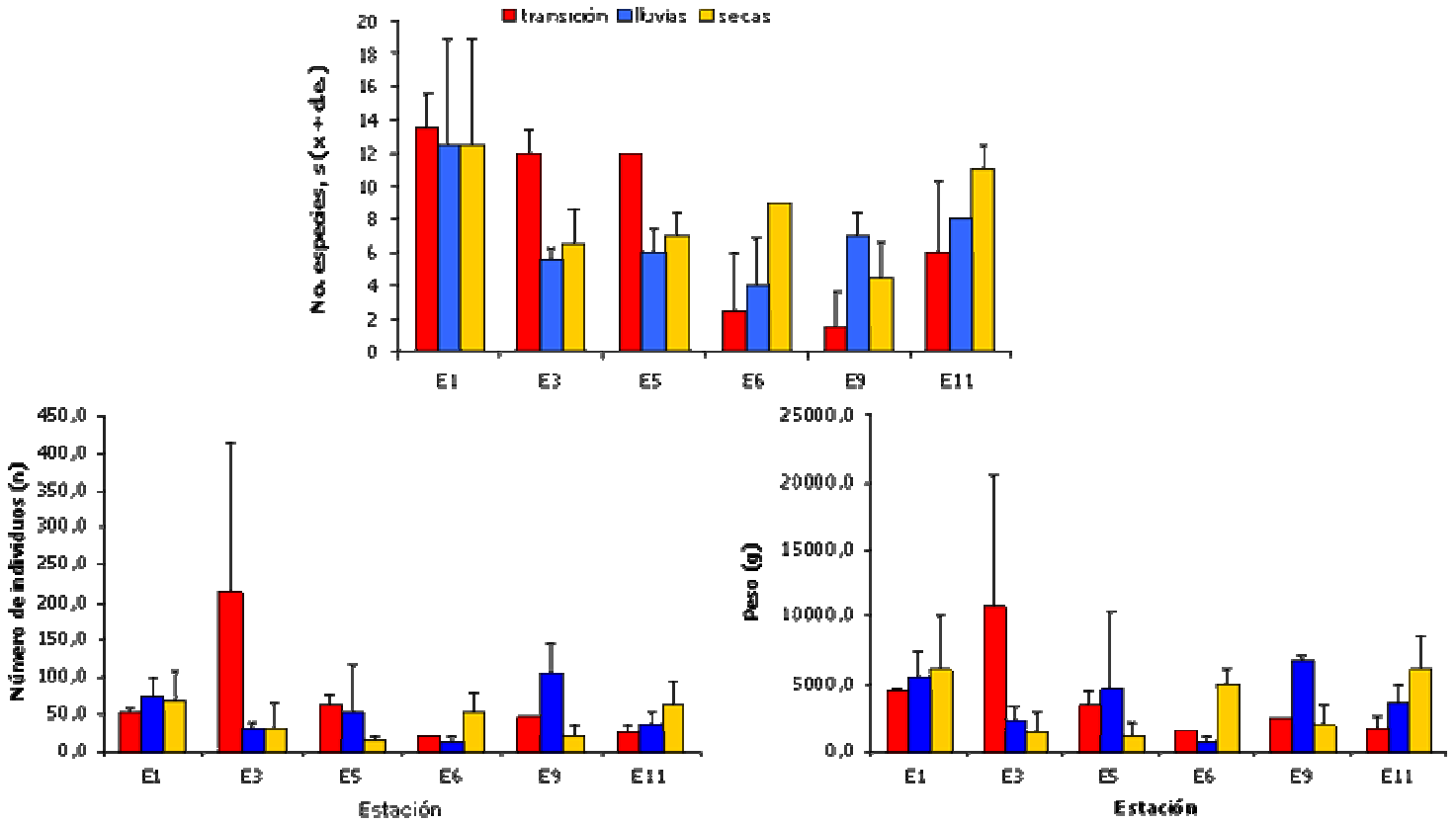
Figura 3-76 **a) Abundancia, b) biomasa y c) riqueza de especies de peces capturadas en seis puntos de muestreo dentro de la bahía de Cartagena durante en los muestreos realizados en tres épocas climáticas.**



Las especies más frecuentes, y que se encontraron en la mayoría de las estaciones en las tres épocas fueron *Cathorops mapale*, *Opisthonema oglinum*, *Chloroscombrus chrysurus*, *Diapterus rhombeus*, *Pellona harroweri*, *Isopisthus parvipinnis* y *Micropogonias furnieri*. Estas a su vez tendieron a ser las más abundantes durante todos los muestreos, de las cuales, *P. harroweri* fue la especie con mayor número de individuos en las tres épocas climáticas evaluadas, presentando la mayor abundancia en diferentes estaciónes en cada época. Así, en transición se encontró principalmente en la estación E3, en lluvias en la estación E9 y en periodo seca en la estación E6.

La abundancia de *P. harroweri* se corresponde con los picos espaciales de abundancia del zooplancton dentro del área de estudio (ver aparte correspondiente). Como se observa en la Figura 3-77, diez especies representaron más del 80% de la abundancia por estacion y época. Sin embargo, en la estación E1 la abundancia está mejor repartida en estas diez especies (hay menos dominancia específica) que en el resto de las estaciones, lo cual sugiere condiciones especiales para la diversidad en este sector de la Bahía.

Figura 3-77 **Número de especies, individuos y peso promedio (+desviación estándar) de los peces capturados en seis estaciones dentro de la bahía de Cartagena durante muestreos realizados en tres épocas climáticas (Transición, lluvias y seca)**



En cuanto a la biomasa, solo diez especies representan más del 70% de la biomasa obtenida en cada estación y en las tres épocas climáticas. Especies carnívoras como *C. mapalé*, *I. parvipinnis*, *B. marinus* dominaron por su tamaño, al ser comparadas con especies planctófagas como *P. harroweri*, *O. oglinum*, omnívoras como *C. chrysurus* e iliófagas como *D. rhombeus*, las cuales tuvieron una representación importante en biomasa, más por el número de individuos capturados en cada caso que por su tamaño. Estas últimas especies, se caracterizan por ser de talla pequeña y debido a sus hábitos e historia de vida, se sabe que son especies que forman grandes cardúmenes, lo que incrementa la posibilidad de capturarlas en grandes cantidades. Teniendo en cuenta las tres épocas, se puede observar que la biomasa en la estación E1 fue relativamente constante y alta en relación a la biomasa de las demás estaciones (Figura 3-77).

A nivel de las estaciones y los períodos climáticos evaluados, se observó que no hubo diferencias significativas en la abundancia y biomasa promedio entre estaciones ni entre épocas climáticas. Sin embargo, la riqueza específica promedio fue mayor en la estación E1 en relación a las otras estaciones (ANOVA: $F_{5,16}$ =3,79, p>0,05), pero estas diferencias no parecen estar relacionadas con la época. Lo anterior sugiere que las diferencias en el número de especies promedio entre estas estaciones se deben más a particularidades locales que a cambios estacionales en el área de estudio (Figura 3-79).

La presencia de un mayor número de especies en la estación E1, con relación a las otras estaciones en las tres épocas de muestreo, puede estar ligada a que esta zona es somera, cercana al manglar, con altas concentraciones de nutrientes, está protegida de las corrientes y hay condiciones ambientales relativamente estables que permiten la protección y adquisición de alimento de las especies. Por otro lado, la estación E9, la más cercana al canal del Dique es una de las estaciones con menos especies registradas en todas las épocas, lo que que sugiere que la influencia del canal en este sector, no permite el establecimiento de especies predominantemente marinas, las cuales son las más características de la bahía.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por desde varios años atrás por Linden *et al.* (1980)[105] y Mercado (1981)[106] y mas recientemente por Pardo-Rodríguez *et al.* (2003)[107], quienes destacan que la zona cercana al canal tiene un bajo número de especies debido probablemente al comportamiento hidrodinámico de la bahía, el cual determina una

[105] LINDEN, O., H. ARANGO, L. LINDESTROM y A. JERNELOV. 1980. Observation of estuarine fishes in a semipolluted tropical estuarine. IVL Stockholm (Sweden). Report I, 10 p.
[106] MERCADO, J.E. 1981. Inventario preliminary de la fauna íctica de la Bahía de Cartagena y algunas consideraciones ecológica. INDERENA-Revista de Divulgación Pesquera. 16 (2).
[107] PARDO-RODRIGUEZ, F.I.; J.F. OSPINA-ARANGO y R. ALVAREZ-LEON. 2003. Hábitos alimenticios de algunas especies ícticas de la Bahía de Cartagena y aguas adyacentes, Colombia. Dahlia 6: 69-78.

influencia directa del agua dulce en el sector, lo que se comprueba con los muestreos de este trabajo.

La estación E6 es la estación más profunda, desprotegida, más afectada por corrientes y la más afectada por el tránsito de embarcaciones, condiciones que pueden estar determinando la baja riqueza y abundancia de especies. Estas condiciones podrían determinar que esta zona sea más un área de paso de las especies que de establecimiento.

Así las cosas, las tendencias en cuanto a la abundancia y biomasa por estación obtenidas durante la época de transición se mantienen en la época de lluvia, al respecto delo cual, se observó que las estaciones E1, E5 y E9, ubicadas en el costado oriental de la bahía de Cartagena se caracterizaron por tener una mayor cantidad de especies, individuos y biomasa, en comparación a las estaciones E11 (al sureste de la bahía, después de la boca del canal del Dique), donde se observaron valores intermedios y E6 (en el costado occidental de bahía), donde se observaron los valores más bajos de estas variables. La única excepción fue la disminución en la abundancia y biomasa colectada en la E3 con relación a la época anterior.

Durante la época seca, este patrón no se mantiene y se observa más bien un incremento en especies, abundancia y peso hacia la estación E6 y E11 con respecto a las demás estaciones y épocas anteriores.

La dinámica de las corrientes dentro de la bahía puede explicar, en parte las diferencias encontradas en estas estaciones y durante las épocas estudiadas.

Para estos fines, y en cuanto a la velocidad de las corrientes, la magnitud promedio de éstas en la bahía son menores a 0,1 nudos, con excepción de los sectores de Bocachica (0,1-0,3 Nudos), Bocagrande (0,1-1,0 Nudos) y el Dique (0,3-0,6 Nudos) conforme los registros reportados por el CIOH para distintas épocas.

Por su parte, la estación E9 está influenciada por la corriente que viene del Dique; E11 por la circulación de agua a través de Bocachica y la E6 por la entrada de Bocagrande y la pluma del canal del Dique, mientras que las otras estaciones están en sitios relativamente protegidos de esas corrientes, lo que permite mantener condiciones relativamente estables para los organismos.

La turbidez y la poca velocidad de las corrientes en la zona oriental de la bahía hacen que las estaciones en este sector sean sitos relativamente protegidos y estables para los organismos. Además, en estaciones como la E1, la cual es la más cercana a la costa, y la más somera, se presenta la mayor concentración de nutrientes en comparación con el resto de estaciones y se encuentra una gran diversidad de organismos bentónicos y planctónicos

(ver apartes correspondientes en este mismo capítulo), las cuales sirven de alimento a las especies ícticas que se encuentran en este lugar. Es así que, la estabilidad de las condiciones ambientales, junto con la disponibilidad de alimento, pueden explicar la presencia de un mayor número de especies e individuos es estas estaciones, con relación a las estaciones E6 y E11, que como se explicó, estan más expuestas a las corrientes de influencia tanto fluvial como marinas prevalecientes.

Figura 3-78 **Abundancia relativa de peces capturados en seis estaciones dentro de la bahía de Cartagena en los muestreos realizados durante tres épocas climáticas. Los números encima de las barras indican el número total de peces colectado en cada estación**

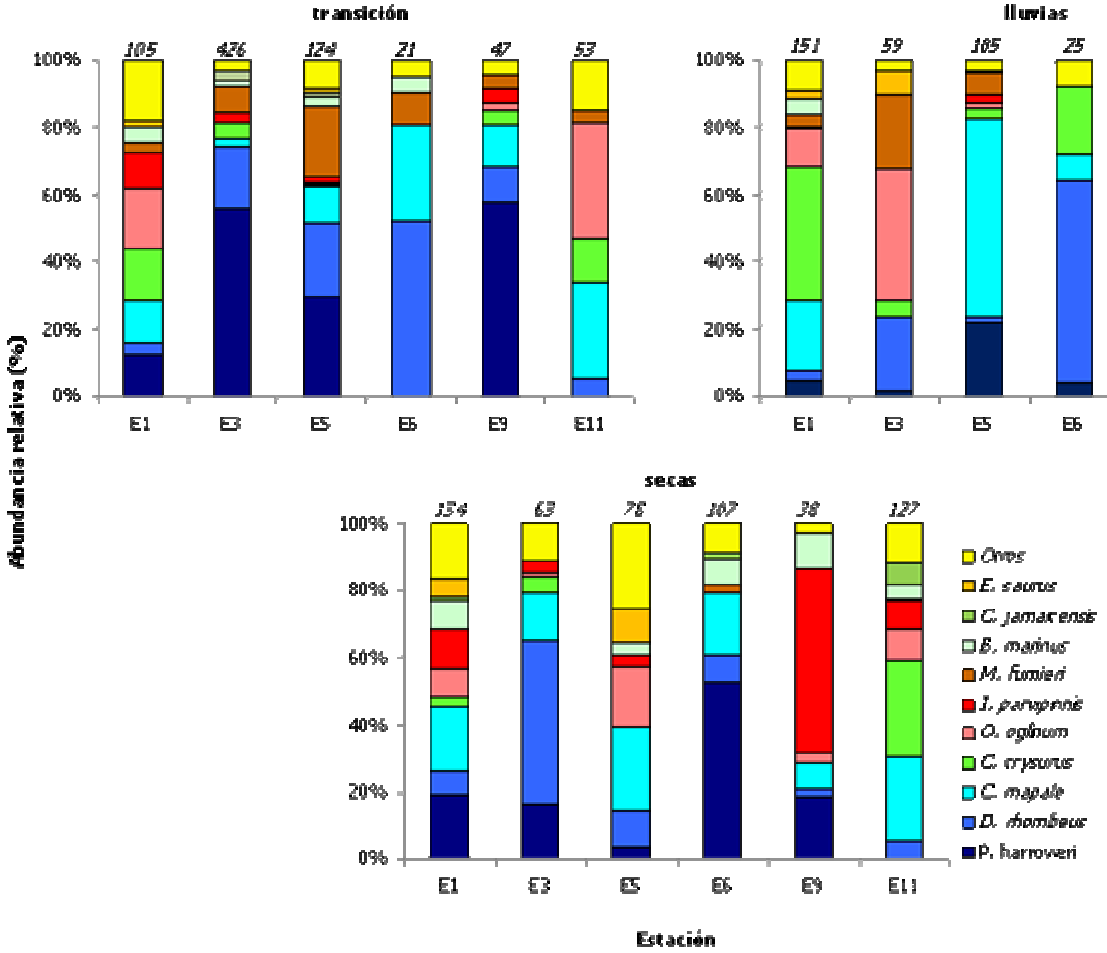
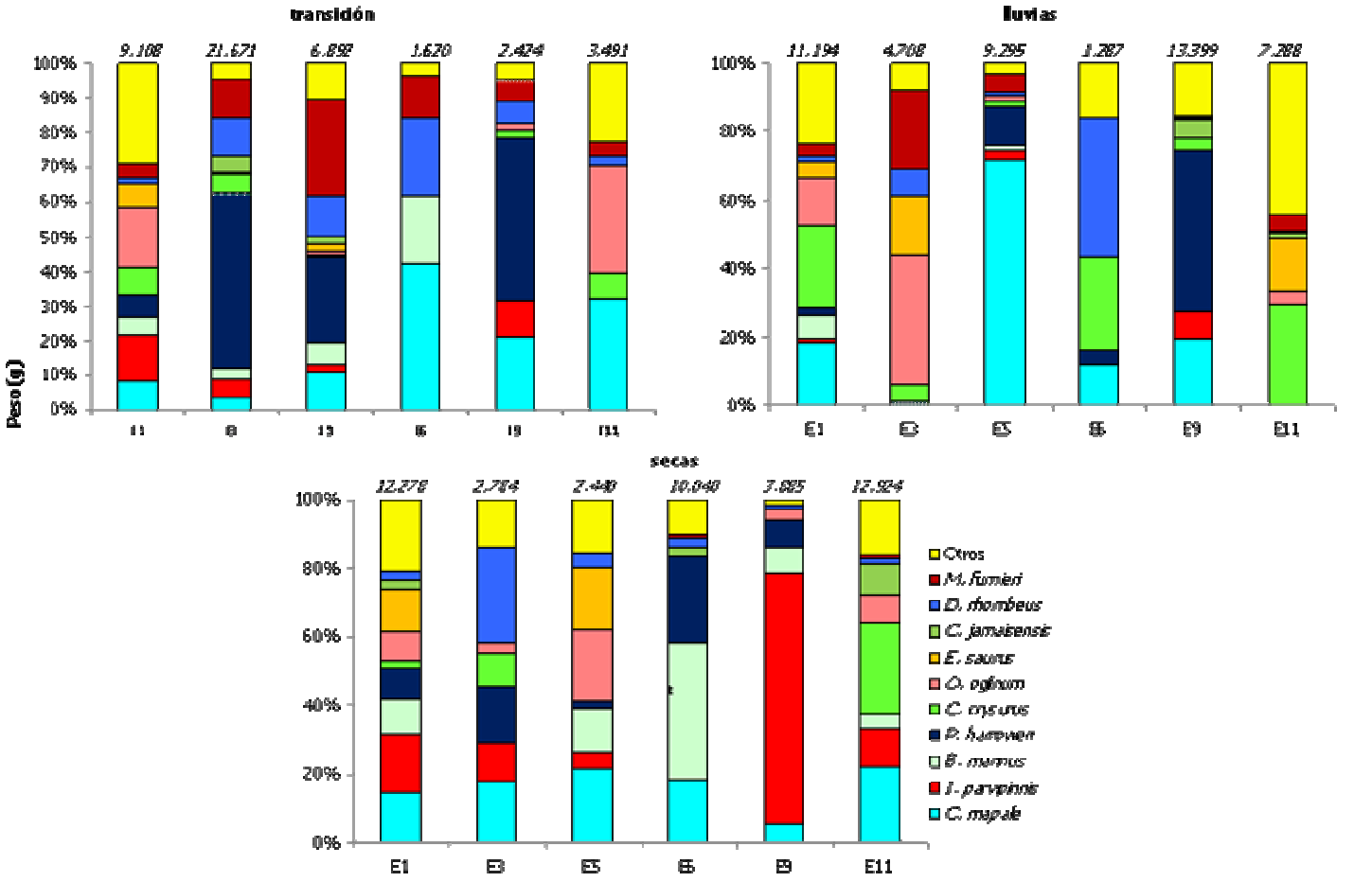


Figura 3-79 **Biomasa relativa de peces capturados en seis estaciones dentro de la bahía de Cartagena en los muestreos realizados durante tres épocas climáticas. Los números encima de las barras indican el peso (g) obtenido en cada estación**



Teniendo en cuenta que seis especies representan el mayor porcentaje de abundancia y biomasa registrado durante las tres épocas climáticas, se puede sugerir que éstas son los componentes claves de dichas comunidades y que los movimientos de éstas especies dentro de la bahía son los que determinarán las características espacio- temporales de las comunidades de peces del sistema registrado.

En cuanto al sexo, la mayoría de los individuos capturados fueron hembras (975 peces) o no se pudo diferenciar su sexo (504 peces) y solo una pequeña proporción fueron machos (399 peces). Así mismo, tan solo en siete especies (*C. mapale, C. chrysurus, C. jamaicensis, I. parvipinnis, M. furnieri, O. oglinum* y *P. harroweri*) se registró la presencia tanto de machos como de hembras representados en las capturas (Tabla 3-42, Tabla 3-43 y Tabla 3-44). En la época de transición se encontraron además machos y hembras de las especies *Anchoa spinifer*, *B. marinus* y *B. rhonchus* y en la época de lluvias, se encontraron además machos y hembras de *B. marinus*, *Lutjanis synagris*, *Oligoplites saurus* y *Trichiurus lepturus*.

Adicionalmente en la época seca se encontraron machos y hembras de *B. ronchus*, *L. synagris* y *Pomadasys corvinaeformis*, donde se no obstante lo anotado, se destaca que en la mayoría de los casos la proporción estuvo sesgada hacia las hembras (Tabla 3-43).

Tabla 3-42 Composición por sexo (hembras, machos e indiferenciados) y talla (media ± d.e.) por sexo de las especies de peces colectadas durante el muestreo realizado en la época de transición (agosto, 2007) en seis estaciones ubicadas dentro de la bahía de Cartagena. N: número de individuos. LT: longitud total. D.E: desviación estándar.

ESPECIE	HEMBRAS			MACHOS			INDIFERENCIADOS		
	N	LT (cm)	D.E	N	LT (cm)	D.E	N	LT (cm)	D.E
Anchoa spinifer	3	14,8	0,3	1	14,0		2	15,8	0,6
Ariopsis sp.	1	31,7							
Bagre marinus	3	25,7	8,4	2	23,3	0,6	13	24,4	2,3
Bairdiella ronchus	1	17,8		1	18,7		1	11,7	
Caranx crysos	2	20,5	0,1				1	21,5	
C. hippos							2	18,7	1,4
Cathorops mapale	33	22,1	2,5	12	22,5	1,2	18	16,1	3,5
Centropomus ensiferus	2	22,8	0,5				3	21,7	3,2
Chloroscombrus chrysurus	28	20,5	2,9	6	20,0	1,5	10	17,2	0,7
Cynoscion jamaicensis	6	19,6	2,1	3	24,0	0,8	3	19,9	1,4
C. leiarchus	3	23,0	0,3				2	16,2	0,7
Diapterus rhombeus							120	14,0	0,9
Elops saurus	1	41,3					2	37,4	5,4
Gerres cinereus							1	17,7	
Haemulon bonariense				1	19,9				
Isopisthus parvipinnis	16	22,4	2,4	2	24,7	0,1	9	22,2	3,1
Larimus breviceps	5	17,6	0,2				2	18,5	1,2
Lutjanus synagris	3	20,9	1,7				1	17,0	
Micropogonias furnieri	23	20,8	1,8	39	19,9	1,1	6	19,4	0,7

ESPECIE	HEMBRAS			MACHOS			INDIFERENCIADOS		
	N	LT (cm)	D.E	N	LT (cm)	D.E	N	LT (cm)	D.E
Oligoplites saurus	1	29,2					1	20,6	
Opisthonema oglinum	24	21,4	1,6	12	20,4	1,2	4	17,8	5,9
Pellona harroweri	180	17,7	1,7	129	17,8	1,0	5	15,9	1,7
Peprilus paru							1	19,2	
Pomadasys corvinaeformis				2	18,0	3,0			
Prionotus punctatus	3	19,1	1,3						
Scomberomorus brasiliesis							2	35,0	0,3
Selene setapinnis							1	14,6	
Synodus foetens	1	23,0					1	20,9	
Trichiurus lepturus	4	75,7	6,4						
TOTAL	343			210			221		

Tabla 3-43 **Composición por sexo (hembras, machos e indiferenciados) y talla (media ± d.e.) por sexo de las especies de peces colectadas durante el muestreo realizado en la época de lluvias (noviembre, 2007) en seis estaciones ubicadas dentro de la bahía de Cartagena. N: número de individuos. LT: longitud total. D.E: desviación estándar**

ESPECIE	HEMBRAS			MACHOS			INDIFERENCIADOS		
	N	LT	D.E	N	LT	D.E	N	LT	D.E
Ariopsis sp.	1	32,3					1	15,6	
Bagre marinus	1	24,0		1	19,8		6	25,2	2,8
Bairdiella ronchus	1	15,0							
Caranx crysos	3	23,4	2,8				1	27,2	
Cathorops mapale	82	22,6	2,8	14	22,9	2,2	21	17,7	4,6
Centropomus ensiferus				1	20,8				
Chloroscombrus chrysurus	82	18,2	1,7	29	19,3	2,7	13	16,7	2,0
Conodon nobilis	1	21,4							
Cynoscion jamaicensis	3	22,8	0,3	5	22,1	2,0			
Diapterus rhombeus							37	13,7	1,0
Elops saurus							12	35,3	4,1
Isopisthus parvipinnis	9	22,1	2,2	4	23,1	1,5			
Larimus breviceps	3	18,7	1,0						
Lutjanus synagris	1	18,3		1	19,2		1	24,9	
Micropogonias furnieri	15	20,3	1,9	8	21,1	2,3	7	19,9	0,9
Mugil incilis	2	32,7	2,8						
Mycteroperca bonaci	1	21,3							
Oligoplites saurus	3	26,6	0,6	4	25,9	1,4	1	27,8	
Opisthonema oglinum	33	21,8	1,7	9	21,4	1,6	3	20,9	4,4
Pellona harroweri	139	17,1	1,2	41	16,9	1,4			
Sciades proops							2	38,0	6,3
Scomberomorus brasiliesis							1	37,1	
Scomberomorus cavalla							1	46,1	
Stellifer stellifer	2	14,7	0,4						

ESPECIE	HEMBRAS			MACHOS			INDIFERENCIADOS		
	N	LT	D.E	N	LT	D.E	N	LT	D.E
Trichiurus lepturus	6	74,8	6,7	1	79,9		1	51,9	
TOTAL	388			118			108		

Tabla 3-44 **Composición por sexo (hembras, machos e indiferenciados) y talla (media ± d.e.) por sexo de las especies de peces colectadas durante el muestreo realizado en la época de seca (marzo, 2008) en seis estaciones ubicadas dentro de la bahía de Cartagena. N: número de individuos. LT: longitud total. D.E: desviación estándar.**

ESPECIE	HEMBRAS			MACHOS			INDIFERENCIADOS		
	N	LT	D.E	N	LT	D.E	N	LT	DE
Ariopsis sp.							2	27,1	6,4
Bagre bagre							1	26,5	
B. marinus	4	41,9	6,4				23	24,9	4,8
Bairdiella ronchus	10	19,0	0,8	4	19,0	0,7	1	16,9	
Caranx latus							6	17,7	1,1
Cathorops mapale	49	23,2	2,5	2	25,5	0,4	45	18,9	4,2
Centropomus ensiferus							1	23,0	
C. undecimalis							1	46,1	
Chloroscombrus chrysurus	19	21,8	1,4	22	21,8	2,0	2	15,9	2,3
Conodon nobilis	1	21,9							
Cynoscion jamaicensis	11	24,2	1,3	1	23,6				
C. steindachneri	1	25,0					1	15,2	
Diapterus rhombeus	1	19,1					59	13,3	1,0
Elops saurus							10	35,2	2,9
Eucinostomus gula							1	10,8	
Hemicaranx amblyrhynchus							5	18,9	2,3
Isopisthus parvipinnis	37	24,3	1,2	12	24,1	1,0	2	23,5	1,1
Lutjanus synagris	1	20,6		2	20,8	0,8	4	21,6	0,2
Micropogonias furnieri	1	22,9		1	20,0		1	19,5	
Oligoplites saurus	2	27,2	0,8				1	27,9	
Opisthonema oglinum	27	22,7	1,3	3	23,6	2,5			
Pellona harroweri	72	17,6	1,1	23	17,9	1,0	2	18,3	1,2
Peprilus paru							2	13,8	1,0
Polydactylus virginicus							1	12,7	
Pomadasys corvinaeformis	1	19,4		1	18,0				
Prionotus punctatus	1	17,1					1	21,5	
Scomberomorus cavalla							2	37,2	4,8
Stellifer stellifer	2	15,5	2,4						
Trichiurus lepturus	4	69,3	2,3						
Umbrina coroides							1	18,8	
TOTAL	244			71			175		

Con respecto a los estados gonadales registrados durante los periodos de estudio, solo 6 especies (*C. mapale, C. chrysurus, I. parvipinnis, M. furnieri, O. oglinum y P. harroweri*) presentaron

datos de calidad, como para establecer un patrón de su estado gonadal. La Tabla 3-42, Tabla 3-43 y

Tabla 3-44 registran las tallas promedio obtenidas por las todas las especies por sexo y las Tabla 3-45 a la Tabla 3-47, registran las talla y el peso promedio por estado gonadal, de las especies más abundantes muestreadas en las tres épocas climáticas.

De estas, se destaca que las especies *C. mapale*, *C. chrysurus*, *I. parvipinnis* y *P. harroweri* presentaron individuos, tanto machos como hembras, en estados de maduración I a IV, indicando que todas ellas desarrollan todo su ciclo reproductivo dentro o en la zona marina muy cercana al área de estudio, siendo importante destacar que cada estado de maduración se presentó en una o varias épocas climáticas. Sin embargo, predominaron los individuos en estados I y II de maduración. (Tabla 3-47).

Tabla 3-45 Longitud total (media ± d.e.) y peso total (media ± d.e.) por sexo y estado gonadal de las especies más abundantes colectadas durante el muestreo realizado en la época de transición (agosto, 2007) en seis estaciones ubicadas dentro de la bahía de Cartagena

ESPECIE		SEXO								Indiferenciado
		Hembra				Macho				
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	
Pellona harroweri	L.T (cm)	16,2	17,8	17,9	18,3	16,8	17,9	18,2	17,9	15,9
	d.e.	1,3	1,0	2,3	0,8	1,1	1,0	0,8	0,5	1,7
	PT (g)	34,7	45,2	48,3	50,8	37,0	44,7	48,6	50,9	36,8
	d.e.	8,0	6,8	5,8	5,0	8,0	7,8	6,3	4,0	11,2
Chloroscombrus chrysurus	L.T (cm)		20,4	21,4	19,5		20,7	19,5		17,2
	d.e.		2,5	3,3	2,3		0,3	1,9		0,7
	PT (g)		57,5	68,4	49,5		53,0	52,1		33,2
	d.e.		19,8	27,6	10,7		6,5	15,3		4,4
Cathorops mapale	L.T (cm)	21,5	23,0	23,0	21,4	23,8	21,9		21,3	16,1
	d.e.	0,7	2,7	2,8	2,2	0,6	1,0			3,5
	PT (g)	77,4	97,2	99,1	83,5	97,7	73,8		84,6	32,0
	d.e.	4,9	23,7	35,7	25,0	9,0	5,1			20,3
Opisthonema oglinum	L.T (cm)	20,0	21,9	21,1			20,3	20,3		17,8
	d.e.	1,5	1,8	1,0			0,7	1,3		5,9
	PT (g)	64,2	86,2	75,7			64,6	65,5	71,4	52,0
	d.e.	6,3	19,6	8,8			9,6	11,7	22,9	41,7
Isopisthus parvipinnis	L.T (cm)	21,1	23,6			24,7				21,4
	d.e.	2,7	1,0			0,1				4,3
	PT (g)	82,6	112,1			124,4				99,8
	d.e.	33,4	12,0			0,4				38,7
Micropogonias furnieri	L.T (cm)	20,7	20,6	20,8	24,4	20,0	19,8	19,6		19,4
	d.e.	1,9	1,4	2,3		1,1	1,2	0,7		0,7
	PT (g)	83,3	81,9	86,9	131,3	71,4	73,8	71,9		68,1
	d.e.	16,8	20,5	27,1		12,6	10,9	7,6		7,6

Tabla 3-46 **Longitud total (media ± d.e.) y peso total (media ± d.e.) por sexo y estado gonadal de las especies más abundantes colectadas durante el muestreo realizado en la época de lluvias (Noviembre, 2007) en seis estaciones ubicadas dentro de la bahía de Cartagena**

ESPECIE		SEXO								Indiferenciado
		Hembra				Macho				
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	
Pellona harroweri	L.T (cm)		16,1	17,1	17,6	14,1	16,3	17,1	18,6	
	d.e.		1,5	1,1	0,9	1,5	1,3	1,1	0,5	
	PT (g)		33,7	44,6	45,4	21,1	34,8	43,3	54,0	
	d.e.		8,0	7,0	6,5	3,7	7,7	6,6	5,2	
Chloroscombrus chrysurus	L.T (cm)	16,7	18,1	18,5	18,9	17,8	19,6	20,3	21,0	16,7
	d.e.	2,2	1,6	1,7	0,8	2,5	2,1	3,4	0,1	2,0
	PT (g)	38,0	45,2	51,1	50,8	46,1	55,2	67,8	69,7	36,8
	d.e.	10,5	9,6	11,9	5,6	20,3	16,2	30,8	5,3	12,3
Cathorops mapale	L.T (cm)	18,2	21,7	23,0	24,3	20,4	26,3	22,1	23,0	17,7
	d.e.		2,1	3,0	0,7			0,1	2,2	4,6
	PT (g)	46,1	87,4	111,8	114,8	53,7	121,6	96,5	93,8	53,3
	d.e.		22,4	34,8	18,8			0,7	23,0	39,4
Opisthonema oglinum	L.T (cm)	19,9	21,0	21,1			21,2	21,6		20,9
	d.e.	1,6	1,3	1,1			1,9	1,3		4,4
	PT (g)	65,9	79,2	79,0	93,9		81,4	81,0		72,7
	d.e.	9,1	13,9	11,9	15,5		22,1	9,0		34,0
Isopisthus parvipinnis	L.T (cm)		21,1	22,9		22,5	25,1			
	d.e.		3,2	0,4		0,8				
	PT (g)		92,7	116,4		111,2	135,1			
	d.e.		35,3	3,7		1,4				
Micropogonias furnieri	L.T (cm)	20,3	20,0	21,9		21,0	21,4			19,9
	d.e.	1,1	2,1	2,3		2,5				0,9
	PT (g)	77,6	79,3	112,3		89,1	80,8			72,0
	d.e.	12,5	23,3	38,0		37,2				8,0

Tabla 3-47 **Longitud total (media ± d.e.) y peso total (media ± d.e.) por sexo y estado gonadal de las especies más abundantes colectadas durante la época seca (marzo, 2008) en seis estaciones ubicadas dentro de la bahía de Cartagena**

ESPECIE		SEXO								Indiferenciado
		HEMBRAS				MACHOS				
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	
Pellona harroweri	LT (cm)	16,3	17,5	17,9	18,4	16,6	17,9	18,1	20,2	18,3
	d.e.	1,0	0,8	1,0	0,9	0,1	0,8			1,2
	PT (g)	35,5	44,4	47,9	49,9	36,3	45,6	49,4	65,5	50,9
	d.e.	6,1	5,6	7,5	5,6	0,1	6,2			6,1
Chloroscombrus chrysurus	LT (cm)	22,8	21,4	21,3	23,5		21,0	22,4	22,6	15,9
	d.e.		1,2	1,6	1,1		1,9	2,0	0,8	2,3

ESPECIE		SEXO								Indiferenciado
		HEMBRAS				MACHOS				
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	
	PT (g)	91,6	76,9	75,3	97,3		69,6	85,8	84,2	32,2
	d.e.		15,1	20,7	13,8		15,8	24,0	3,9	2,3
Cathorops mapale	LT (cm)	21,9	23,5	23,1	27,9				25,5	18,9
	d.e.	1,3	2,1	4,3	1,0				0,4	4,2
	PT (g)	82,7	107,5	113,2	153,4				151,1	53,4
	d.e.	13,8	30,6	73,3	7,8				9,8	33,8
Opisthonema oglinum	LT (cm)	21,8	22,6	23,2			23,6			
	d.e.	1,3	1,2	1,2			2,5			
	PT (g)	80,8	91,9	100,7	83,8		97,8			
	d.e.	18,3	12,9	20,0	11,8		30,4			
Isopisthus parvipinnis	LT (cm)	24,0	24,3	24,5	24,8	24,1	23,8	24,7	24,1	23,5
	d.e.	1,2	1,2	1,0	1,2	1,1			1,1	1,1
	PT (g)	127,3	134,5	135,5	141,7	131,9	124,4	144,7	130,2	119,0
	d.e.	22,3	21,6	15,9	23,6	17,4			21,5	15,8
Micropogonias furnieri	LT (cm)	22,9				20,0				19,5
	d.e.									
	PT (g)	113,5				71,5				65,8
	d.e.									

En relación con los resultados obtenidos, vale destacar que en las especies de peces tropicales, es común que el desove se de parcialmente durante un ciclo estacional, presentándose picos de desove que están asociados a características ambientales particulares, como cambios en la temperatura del agua, salinidad y transparencia, entre otros factores.

Se destaca igualmente que especies como *C. mapale*, *C. chrysurus* y *P. harroweri* mismas que presentaron estados gonadales III y IV en las tres épocas climáticas, sugiere que representan especies que se reproducen a lo largo del año. De estas, *C. chrysurus* arroja un incremento de individuos maduros y desovados en noviembre, lo que concuerda con el pico reproductivo determinado para esta especie en el área de estudio por Ospina-Arano y Pardo-Rodríguez, (1993)[108].

Aparte de lo señalado para las especies resaltadas previamente, vale mencionar que la predominancia de individuos en estado I y II y la falta de individuos en estado IV de *O.*

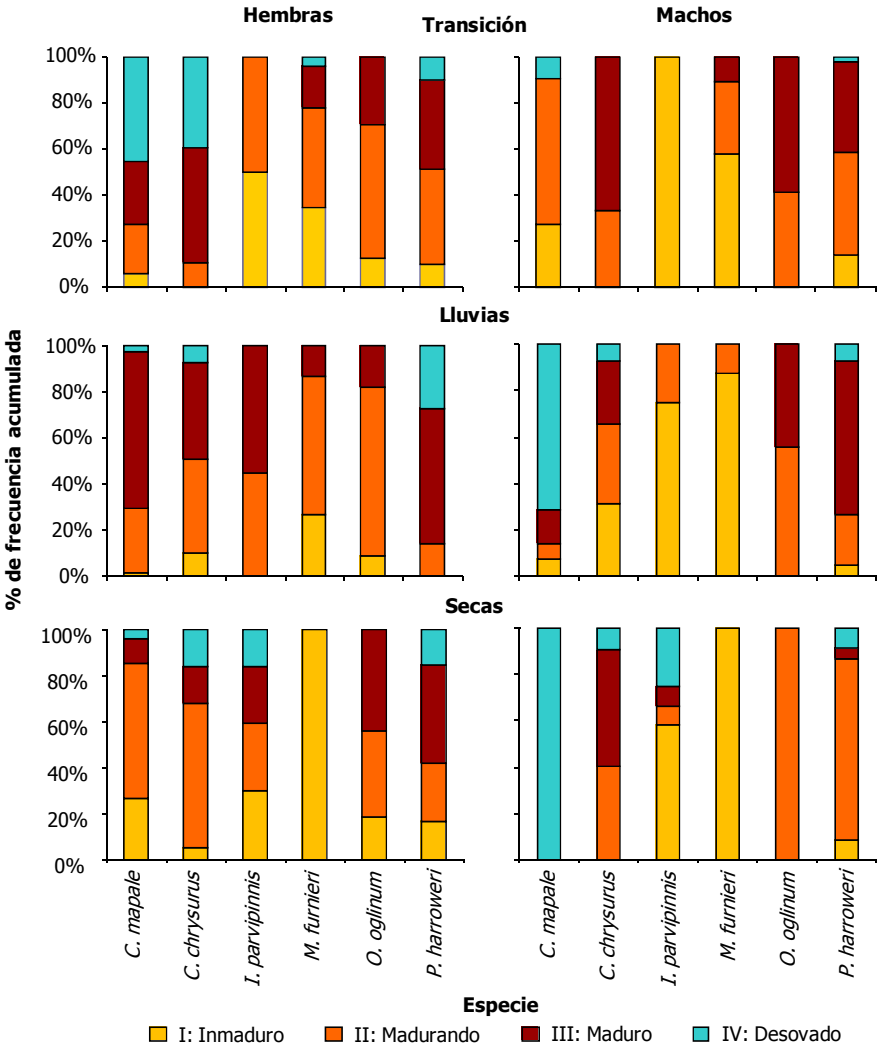
[108] OSPINA-ARANGO, J.F. y F.I. PARDO-RODRÍGUEZ. 1993. Evaluación del estado de madurez gonadal y los hábitos alimenticios de la ictiofauna presente en la Bahía de Cartagena. Tesis Grado biología Marina. Fundación U.J.T.L. Cartagena de Indias D.T. 147p

oglinum y *M. furnieri*, sugieren que estas especies utilizan la bahía para alimentación y crianza, pero se reproducen fuera de ella, preferiblemente en las aguas costeras adyacentes.

Se llama la atención sobre el hecho de que todas las especies registradas, muestran características biológicas diferentes que les ayudan a optimizar los recursos disponibles para ellas en el tiempo y en el espacio, por lo que desarrollan estrategias específicas para su reproducción y crianza, utilizando el ecosistema estuarino de forma variable y adaptada. Así por ejemplo, *D. rhombeus* utiliza el sistema estuarino única y exclusivamente para crianza y alimentación al encontrar en estos ecosistemas solo juveniles y preadultos (Aguirre-León y Díaz-Ruiz, 2006), mientras que *Cathorops mapale* es una especie que se reconoce es residente de las áreas estuarinas donde vive. En ellas se alimenta, cría y reproduce. Sobre el particular, se ha establecido que *C. mapale* tiene un pico reproductivo entre julio y octubre (época de transición) (Cervigón, 1991[109]), siendo así que en la Bahía de Cartagena y durante la época de lluvias, la mayoría de machos de *C. mapale* se encontraron con huevos o crías en la boca, estrategia de cuidado parental característico de las especies de la familia Ariidae, lo que indicó su reciente desove, el cual pudo darse en la época de transición.

[109] CERVIGÓN, F. 1991. Los peces marinos de Venezuela. Complemento I. Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle. Venezuela. 425 p.

Figura 3-80 **Frecuencia relativa de los estados gonadales observados en machos y hembras de las especies de peces más abundantes colectadas en los muestreos realizado en durante la época de transición (agosto, 2007), lluvias (noviembre, 2007) y secas (marzo de 2008) en seis estaciones ubicadas dentro de la bahía de Cartagena**



A diferencia de lo mencionado, otras especies como *O. oglinum*, utilizan la zona estuarina principalmente para su crianza y alimentación, reproduciéndose en el mar adyacente y contribuyendo al flujo de materia y energía entre los dos ambientes, siendo así que en estudios adelantados varios años atrás al interior de la bahía de Cartagena y sus aguas adyacentes, se ha observado que los peces desovados se encuentran en la costa adyacente, mientras que los individuos en estados inmaduros se encuentran dentro de la bahía.

Contrariamente a lo señalado, se ha establecido que la especie *M. furnieri* tiene un pico de desove hacia noviembre, en zonas de amplio intervalo de salinidad (9-25 ups) (Macci, 1997). Sin embargo, como es característico de los peces tropicales, éste perido puede ser extendido a lo largo del año, siendo así que la observación de una mayor proporción de machos y hembras maduros durante el muestreo de agosto sugiere que en este periodo puede estar iniciando el ciclo reproductivo de la especie dentro la Bahía de Cartagena (Figura 3-80).

Por el contrario, la especie *I. parvipinis* utiliza las zonas estuarinas fundamentalmente para su reproducción. Estudios sobre esta especie en Brasil sugieren que en la zona costera se encuentran individuos inmaduros de esta especie en otoño e invierno y los adultos se encuentran en los estuarios durante la primavera y el verano para desovar (Romero et al., 2008)[110]. Esta estacionalidad está acorde con los resultados obtenidos, en el que los peces maduros y desovados aparecen en la época seca, y en la época de transición predominan los organismos inmaduros, presentándose así un solo pico de reclutamiento estacional (Figura 3-80), para lo cual se destaca por el mismo autor citado, que la talla mínima de madurez sexual reportada para esta especie es de 15.9 cm, siendo así que la mayoría de los organismos colectados la Bahía de Cartagena, estuvieron por encima de esa talla (16 a 26 cm), indicando que los juveniles probablemente se encuentran en la zona costera adyacente mientras que los adultos maduran y se reproducen dentro de la bahía, que les ofrece condiciones aptas para su desarrollo.

De los resultados obtenidos, se puede resaltar que la bahía de Cartagena representa ser un área estratégica para las especies migratorias y especies típicamente estuarinas, las cuales resisten amplios cambios en las condiciones ambientales que son característicos en estos ecosistemas de transición, donde se reconce para el caso, que la mayoría de estas especies no son consideradas de importancia comercial.

Sin embargo, todas ellas se caracterizan por tener un crecimiento rápido, alta fecundidad y procesos de migración que las caracterizan como especies de estrategia ecológica “r”, las cuales son críticas en el mantenimiento del flujo energético de estos ecosistemas, y de los ambientes adyacentes, al punto que su presencia garantiza el sustento de las poblaciones de peces pelágicas medianos y grandes, que son los que eventualmente conforman las

[110] ROMERO, R.M., L.E. MORAES, M.N. SANTOS, G.R.A. ROCHA y M. CETRA. 2008. Biology of Isopisthus parvipinnis: an abundant sciaenid species captured bycatch during sea-bob shrimp fishery in Brazil. Neotropical Ichthyology 6: 67-74.

pesquerías de interés comercial, tanto industrial como artesanal de la región (Osorio, 1999)[111], no obstante la veda que registra la bahía actualmente.

En cuanto a las condiciones de tensión regisgtradas en el tiempo, vale destacar que en general, este factor tendió a incrementarse en la época de lluvias para todas las especies, en comparación a la época de transición y la época seca (Tabla 3-48), lo que puede estar relacionado con el ingreso de sedimentos finos y gruesos y nutrientes por el canal de Dique, donde estos últimos pueden ser utilizados por los peces para su alimentación, al contribuir al incremento de las poblaciones de los componentes inferiores de la cadena trófica que sirven de alimento a varias de las especies registradas.

Así mismo, el incremento en la turbidez durante la época de lluvia (45.8 ± 80.3 NTU) en comparación a las épocas de transición (15.3 ± 7.5 NTU) y seca (16.2 ± 9.2 NTU), también es un factor que interviene en la condición de los peces, principalmente los planctófagos (p. ej. *P. harroweri*) e iliófagos (p.ej. *D. rhomebeus*) ya que disminuye la presión por predación (De Robertis et al., 2003), valores que se destacan en cuanto a la abundancia partir de la Figura 3-81 que muestra el factor de condición de las especies más abundantes durante las tres épocas climáticas.

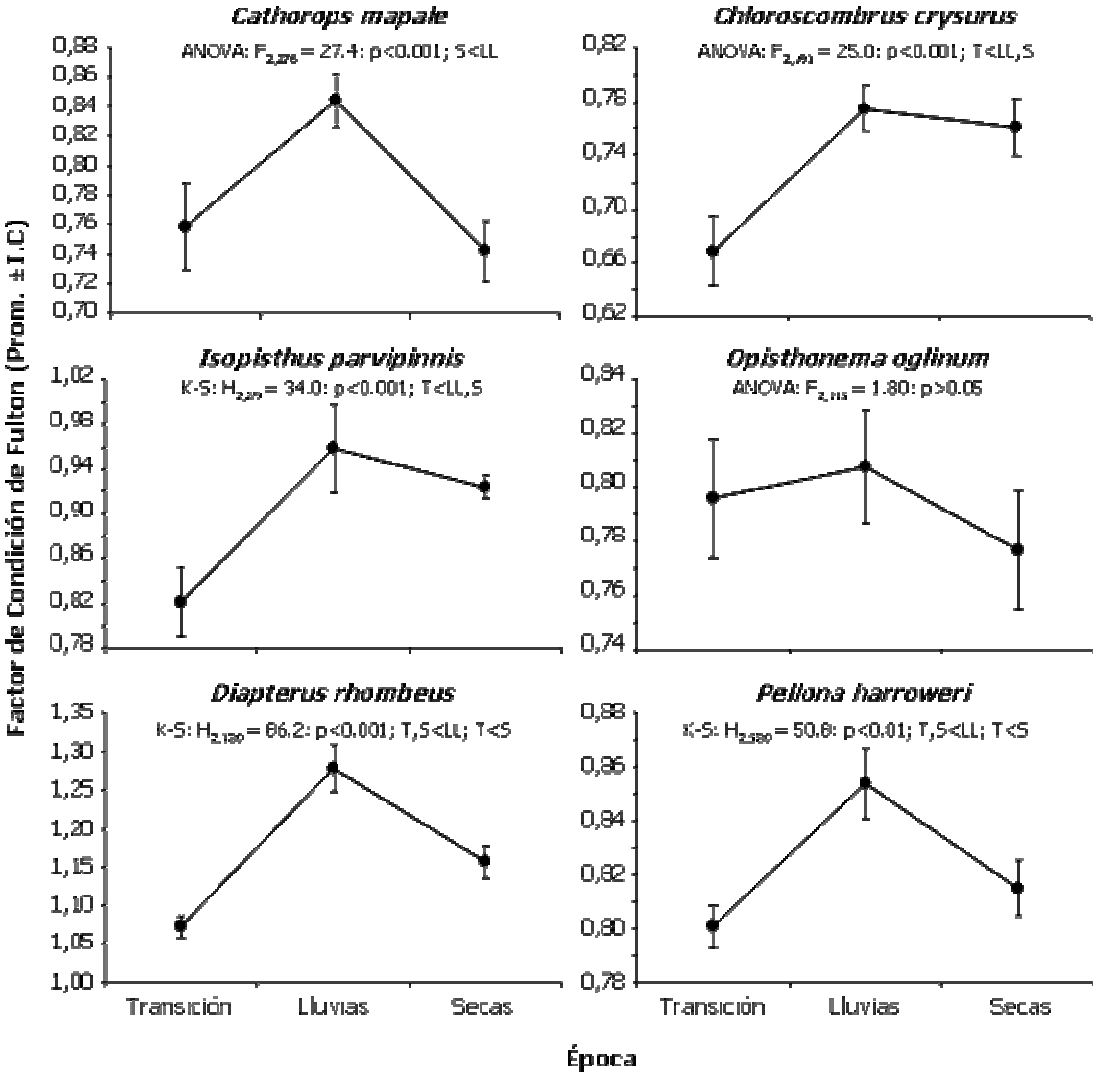
Tabla 3-48 Factor de condición de Fulton (promedio ± d.e.) de las especies capturadas en seis estaciones de la bahía de Cartagena en en los muestreos realizado en tres épocas climáticas

ESPECIE	EPOCA					
	Transición		Lluvias		Secas	
	Prom.	d.e	prom.	d.e	prom.	d.e
Anchoa spinifer	0,57	0,03				
Ariopsis sp.	0,92		0,85	0,14	0,75	0,09
Bagre bagre					0,65	
Bagre marinus	0,68	0,08	0,78	0,12	0,79	0,09
Bairdiella ronchus	0,94	0,10	1,16		1,10	0,07
Caranx crysos	1,07	0,03	1,31	0,53		
Caranx hippos	1,24	0,05				
Caranx latus					1,08	0,05
Cathorops mapale	0,76	0,12	0,84	0,11	0,74	0,10
Centropomus ensiferus	0,83	0,05	0,95		0,84	
Centropomus undecimalis					0,70	

[111] OSORIO, D.D. 1999. Biología pesquera y ecología de Cetengraulis edentulus (Cuvier, 1829) (Pises: Engraulididae) en el sector costero de la Isla de Salamanca, Colombia. Tesis en opción al título de Master en Biología Marina y Acuacultura. Centro de Investigaciones Marinas de la Universidad de la Habana, Cuba- Instituto nacional de Pesca y Acuacultura INPA, Colombia. La Habana 65 p.

ESPECIE	EPOCA					
	Transición		Lluvias		Secas	
	Prom.	d.e	prom.	d.e	prom.	d.e
Chloroscombrus chrysurus	0,67	0,09	0,78	0,09	0,76	0,07
Conodon nobilis			1,85		1,36	
Cynoscion jamaicensis	0,95	0,04	0,98	0,04	1,07	0,10
Cynoscion leiarchus	0,91	0,13				
Cynoscion steindachneri					0,92	0,16
Diapterus rhombeus	1,12	0,16	1,28	0,09	1,16	0,09
Elops saurus	0,45	0,02	0,45	0,03	0,44	0,02
Eucinostomus gula					1,03	
Gerres cinereus	1,09					
Haemulon bonariense	1,20					
Hemicaranx amblyrhynchus					0,85	0,06
Isopisthus parvipinnis	0,85	0,12	0,96	0,07	0,92	0,04
Larimus breviceps	1,17	0,05	1,22	0,13		
Lutjanus synagris	1,28	0,13	1,33	0,09	1,21	0,08
Micropogonias furnieri	0,92	0,06	0,95	0,09	0,91	0,03
Mugil incilis			0,82	0,01		
Mycteroperca bonaci			1,26			
Oligoplites saurus	0,63	0,05	0,74	0,20	0,67	0,06
Opisthonema oglinum	0,80	0,07	0,81	0,07	0,78	0,06
Pellona harroweri	0,80	0,07	0,85	0,09	0,81	0,05
Peprilus paru	1,53		1,83		1,49	0,11
Polydactylus virginicus					0,69	
Pomadasys corvinaeformis	1,20	0,03			1,23	0,01
Prionotus punctatus	1,09	0,10			1,25	0,11
Sciades proops			0,83	0,14		
Scomberomorus brasiliesis	0,54	0,02	0,53			
Scomberomorus cavalla			0,53		0,56	0,03
Scyacium gunteri			0,81			
Selene setapinnis	0,87					
Stellifer stellifer			0,93	0,08	1,00	0,07
Synodus foetens	0,57	0,03				
Trichiurus lepturus	0,07	0,01	0,07	0,02	0,06	0,01
Umbrina coroides					1,00	

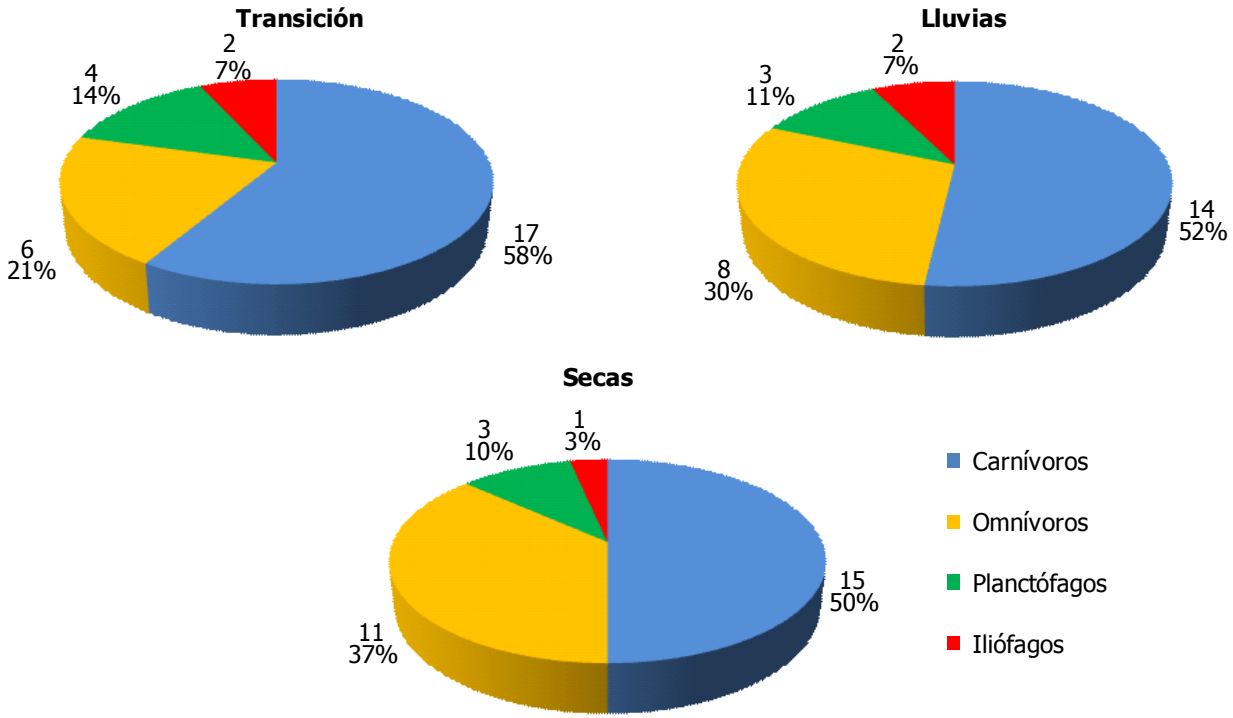
Figura 3-81 **Variación estacional del Factor de Condición de Fulton de las especies más abundantes en la Bahía de Cartagena. Las barras indican el intervalo de confiaza al 95%)**



- *Variaciónes espaciales y temporales de las comunidades de peces de la Bahía de Cartagena.*

Las 44 especies colectadas durante todo el período de estudio se distribuyeron en 4 grupos de consumidores así: 25 especies carnívoras, 12 omnívoras, 4 especies plactófagas y 3 iliófagas. Sobre ellas, la Figura 3-82 registra la proporción de especies de acuerdo a los hábitos alimenticios observados durante las 3 épocas de muestro.

Figura 3-82 **Distribución y proporción de los hábitos alimenticios registrados en las especies de peces evaluadas en la Bahía de Cartagena por época climática.**



Sobre los datos registrados y teniendo en cuenta la calidad del alimento disponible en la bahía, las especies micrófagas (planctófagos e iliófagos) se podrían dividir en dos subgrupos tróficos: Un primer subgrupo de consumidores de primer orden, constituido por los planctófagos (*O. oglinum*, *P. harroweri*, *Anchoa spinifer* y *Peprilus paru*) y un segundo grupo compuesto por consumidores de primer y segundo orden, al cual pertenecen los iliófagos (*D. rhombeus*, *Gerres cinereus* y *M. incilis*).

Los otros dos grupos registrados (omnívoros y carnívoros) y dadas las características de su alimento que los denomina macrófagos (Margalef, 1983, op. cit), podrían llegar a subdividirse en otros dos subgrupos; uno de consumidores de segundo orden, que comprende aquellos que ingieren organismos vivos asociados a los estratos iliotróficos, pero de mayor tamaño como son crustáceos, bivalvos, juveniles de peces, anélidos, poliquetos, a la vez que consumen material vegetal, algas bénticas y fitoplancton, por lo que se consideran como peces omnívoros (*C. mapale*, *M. furnieri*, *C. chrysurus* Y *Cynoscion esteindachneri*, entre otros); y el último grupo que corresponde a las especies de tercer y cuarto órden, las cuales están adaptadas a ingerir partículas, así como organismos vivos y móviles más grandes que en los casos anteriores.

Estos últimos peces consumen principalmente organismos pelágicos o demersales, principalmentejuveniles y adultos de otras especies o de la misma, o del mismo grupo de consumidores en diferentes estados de desarrollo de vida, encontrándose en el especies como *Lutjanus synagris*, *Centropomus ensiferus*, *Scomberomorus* spp. Y *T. lepturus*, entre otros.

Incluyendo a las especies ictiófagas y a las especies que incorporan dentro de su alimentación no solo peces sino otros organismos, se observa que en la zona de estudio predominan en número las especies carnívoras, característica esta que es típica de los ecosistemas someros tropicales (Parrish, 1999, op.cit.), destacándose dentro de estas las especies de las familias Carangidae y Sciaenidae, de las cuales sus juveniles se crían en los estuarios, mientras que los adultos viven en sistemas arrecifales (Carangidae) y en la plataforma continental adyacente (Scianidae), siendo todas por lo tanto, especies permutadoras de energía con los sistemas adyacentes, contribuyendo así a su sostenimiento.

Aparte de lo señalado, vale destacar por los registros obtenídos, que las especies planctófagas como *P. harroweri* y *O. oglinum* forman verdaderos cardúmenes, lo que explica su captura en alto volumen dentro de la bahía, particularmente, en la zona oriental, donde hay disponibilidad de comida abundante para ellos.

Al respecto, vale destacacar, conforme lo sugieren varios autores como De Robertis et al (2003)[112] y otros, que las zonas turbias benefician la alimentación y el crecimiento poblacional de los peces planctófagos, debido a la disponibilidad de alimentos y a que la turbidez no permite que sean vistos fácilmente por los carnívoros. En consecuencia, en estos ambientes los omnívoros no ocurren en abundancia extrema como los planctívoros, a la vez que la abundancia de los peces carnívoros (principalmente ictiófagos) en los ecosistemas someros, está sujeta a la influencia de la explotación humana, ya que estas especies son frecuentemente capturas preciadas. De esa forma, estas especies no solo son importantes ecológicamente sino a nivel económico, ya que son parte importante de las pesquerías artesanales de la región (p. ej. *C. hippos*, *C. latus*) y son la base alimentaria local, ya que las capturas son comercializadas principalmente en el mercado de la ciudad y otra parte es utilizada para autoconsumo, no obstante reconocer la veda que impera sobre la pesca en la Bahía de Cartagena desde hace mas de dos décadas.

[112] DE ROBERTIS, A, C. H. RYER, A VELOZA y R. D. BRODEUR. 2003. Differential effects of turbidity on prey consumption of piscivorous and planktyvorous fish. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 60: 1517-1526.

En consecuencia, es importante mantener estos ambientes someros, ya que no solo se albergan unas pesquerías artesanales interesantes, sino que en gran medida representan el equilibrio de los ecosistemas adyacentes (Parrish, 1999)[113].

- *Análisis de clasificación y Ordenamiento de las estaciones y comunidades de peces de la bahía de Cartagena.*

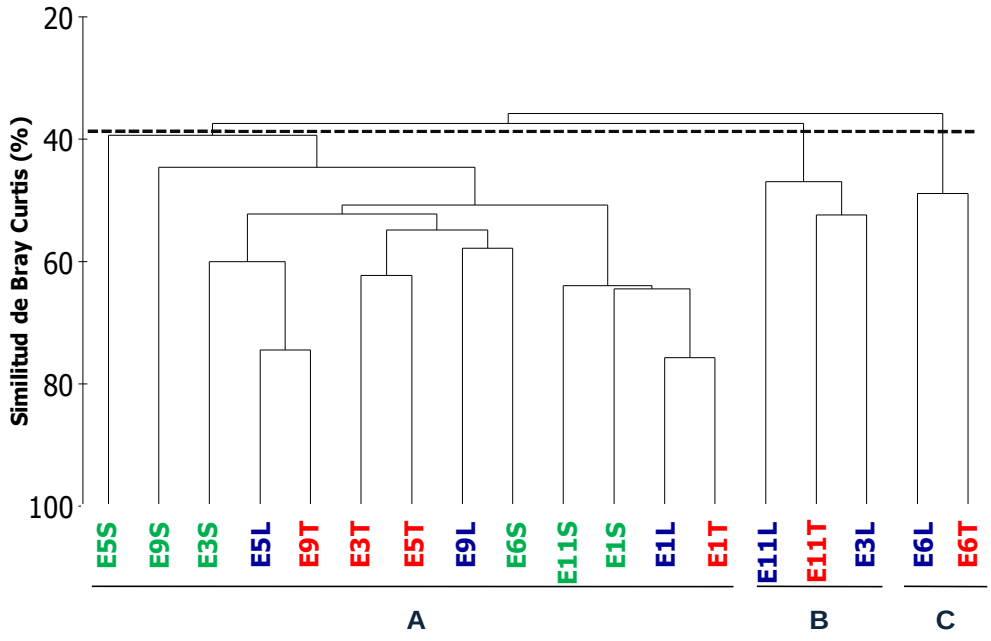
El agrupamiento y la clasificación adelantado con los datos registrados para la bahía, tanto a nivel espacial como temporal, registran que no existe una tendencia temporal clara en la composición de las comunidades de peces muestreadas, o dicho de otra forma, que la misma no cambia lo suficiente entre una época climática y otra. Lo anterior sugiere un ensamble único a través del tiempo en las comunidades a lo largo del ciclo anual, mas no así a nivel espacial, donde se identifica que existe una tendencia a la separación de las estaciones E11 y E3 debido a sus diferencias en composición y abundancia, con respecto al resto de las estaciones muestreadas (Figura 3-83).

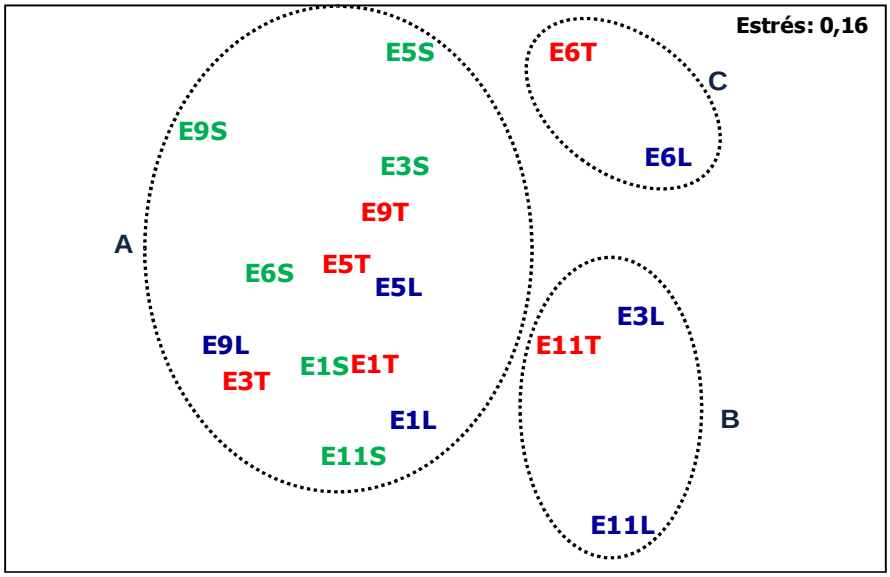
Teniendo en cuenta tanto las épocas de muestreo, como las estaciones y su distribución, y en función del análisis de clasificación adelantado, se observa que a un nivel de corte menor del 40% se separan 3 grupos de estaciones (Figura 3-83), siendo así que adentrándose en el análisis de los resultados, durante la época de transición se observó una segregación espacial de las comunidades de peces, encontrándose la mayoría de las especies e individuos en las estaciones de la parte oriental de la bahía (E1, E3, E5 y E9), que se corresponde con aquellas cercanas a la zona industrial.

De igual forma, las estaciones E6 (al este de la bahía, cerca a caño Loro) y E11 (al sur de la bahía, cerca a la ciénaga Honda) surgen como diferentes en cuanto a su la estructura y composición de especies, tanto entre ellas como con las demás estaciones. De esa forma, las estaciones se agruparon de acuerdo a su posición geográfica, particularmente en relación con el corredor de la zona industrial de la bahía, con respecto a la influencia del canal del Dique y en relación con la entrada de agua marina por las bocas de la bahía.

[113] PARRISH, J.D. 1989. Fish communities of the interacting shallow-water habitats in tropical oceanic regions. Marine Ecology Progress Series 58:143-160.

Figura 3-83 **Clasificación (a) y ordenamiento (b) basados en la abundancia (número de individuos) de las especies en las estaciones y épocas muestreadas. Las muestras se unen con el método del grupo promedio, a partir de una matriz de similitud de Bray-Curtis con datos transformados con ln (X+1). Los grupos se forman un nivel de similitud de 38%. Las estaciones en rojo corresponden la época de transición (T). Las estaciones en azul corresponden a la época de lluvia (L) y en verde se encuentran las estaciones evaluadas en la época seca (S)**





De la figura anterior se puede deducri que durante la época de lluvias, la segregación espacial es similar a la época anterior, agrupándose la mayoría de las estaciones del costado oriental (E1, E9, E5) y segregándose la E6 y la E11, las cuales están influenciadas localmente por factores diferentes a aquellos que inciden sobre las estaciones del costado oriental.

Al respecto, la primera se caracteriza por ser la estación más profunda y más desprotegida y está influenciada por la entrada de agua marina por Bocagrande, así como por la pluma superficial del canal del Dique que corre estacionalmente hacia el norte de la Bahía. Por su parte, la segunda, se encuentra al oeste del canal del Dique y está influenciada por la entrada de aguas marinas desde Bocachica. Si bien esta última se separa de todas las estaciones en los dos períodos, su composición es similar en las dos épocas.

De esa forma, el patrón general observado en estas dos épocas se corresponde con una zonificación de la comunidad de acuerdo a su composición y características zonales, mismas que hacen que las comunidades de peces registradas en el sector de la zona industrial de Mamonal, el sector de Ciénaga Honda y el sector de caño Loro sean marcadamente diferenes.

Contrario a lo anotado para las dos épocas mencionadas, durante la época seca, la segregación espacial no es tan evidente. Sin embargo, se alcanzan a establecer dos grupos de estaciones de acuerdo a su composición comunitaria., para las cualeslas estaciones E1, E6 y E11 se agrupan constituyéndose en las estaciones con mayor número de especies e individuos, al igual que las estaciones E3, E5 y E9, que en esta época registraron una composición comunitaria diferente, principalmente en cuanto a la abundancia de las especies. Sin embargo, la composición comunitaria de todas las estaciones en esta época es similar a la observada en las estaciones del costado oriental de la bahía durante las épocas de lluvia y transición.

Integrando la información recabada, se puede establecer que esisten tres grupos de comunidades de peces caracterizados de la siguiente manera:

En el grupo A se encuentran las estaciones E1, E3 y E5, que no mostraron diferencias en su composición comunitaria entre épocas climáticas, donde la estación E3, que mantiene una composición comunitaria similar en las épocas seca y de transición y las estaciones E6 y E11 en la época seca. Todos estos muestreos registraron una mayor riqueza de especies y abundancia en comparación a los muestreos que conforman los otros dos grupos.

Por su parte, el denominado grupo B, está constituido por los muestreos realizados en la estación E11 durante las épocas de lluvia y transición y la estación E3 durante las lluvias.

Aparte de lo anterior, el grupo C reúne los muestreos realizados en la estación E6 durante las épocas de transición y de lluvias, en los cuales esta estación resultó particularmente pobre en número de especies e individuos.

Lo anterior sugiere que las comunidades de peces observadas en la bahía de Cartagena a lo largo del año, al parecer registran un ensamble único y que las diferencias en el espacio y en el tiempo se generan más por el movimiento de las especies más abundantes, mismas que determinan la dinámica comunitaria, conforme se deduce de la Figura 3-83 anterior.

La explicación a estas tendencias observadas entre épocas (sectorización durante transición y lluvias y homogeneidad durante la época seca) se puede explicar entre otras cosas, por la dinámica de las masas de agua de la bahía que cambian estacionalmente de acuerdo al grado de influencia de las aguas del canal del Dique y de las masas de aguas marinas que entran principalmente por Bocachica.

Con respecto a la circulación y dirección de las corrientes, las aguas de la bahía presentan variaciones significativas entre los períodos de lluvia y vientos (seca y transición). Particularmente en la época de lluvias se observa que la circulación del agua está influenciada por la pluma turbia, cálida y de aguas más livianas del canal del Dique que avanza superficialmente hacia el norte de la bahía, empujada por aguas oceánicas provenientes de Bocachica, al sur de la bahía, conforme se explicó en el aparte correspondiente de este capítulo, hecho que hace que en la zona oriental, por el área de Mamonal se forme un sector de aguas turbias. Así, Las estaciones E1, E3, E5 y E9 están influenciadas indirectamente por la pluma del canal del Dique, mientras que la E11 lo es por la circulación de agua a través de Bocachica y la E6 directamente por la corriente del canal y la entrada de aguas oceánicas por Bocagrande. En general, esta época se caracteriza por una fuerte estratificación de la columna de agua favorecida por la influencia del canal y la calma de vientos.

Durante la época de transición (agosto), hay nuevamente influencia de los vientos, mismos que hacen que las aguas del Dique se mantengan al este y oeste de la bahía, desapareciendo totalmente del centro. El efecto de las aguas del canal del Dique sobre las estaciones evaluadas, explica las tendencias espaciales similares a las de la época de lluvias, al punto que durante el período de secas, cuando los vientos son fuertes, la menor actividad del canal del Dique limita su influencia y la dinámica generada por los vientos acelera el proceso de mezcla de las aguas de la bahía con las del canal del Dique, haciendo que sus aguas se dirijan hacia el sur de la bahía y eliminando la estratificación que se presenta durante las lluvias, lo cual podría explicar el incremento de especies de peces e individuos en la estación E6 durante la época seca y la pérdida marcada de las comunidades de peces, conforme se observó durante las épocas de lluvia y transición.

- *Caracterización de las comunidades de peces*

El desarrollo del análisis inverso muestra la caracterización por especies de los tres grupos observados a partir del agrupamiento por estaciones y épocas climáticas (transición, lluvias y seca) (Figura 3-84), para la cual se llama la atención que los primeros dos bloques representan los niveles en dónde se unen los grupos formados en el dendrograma. Las especies que se encuentran en estos bloques son consideradas generalistas, pues se registraron en la mayoría de las estaciones y épocas climáticas. De esa forma, el grupo A presentó 22 especies exclusivas, donde *P. harroweri* e *I. parvipinnis* son características de este grupo (Figura 3-84), donde la mayor cantidad de individuos de estas especies se encontraron en las estaciones de la parte oriental de bahía en las tres épocas climáticas. De estas, *Pellona harroweri* contribuyó con el 31% de la abundancia en este grupo, seguida por las especies generalistas *C. mapale*, *D. rhombeus* y *C. chrysurus*, las cuales contribuyeron con 14%, 10% y 8% de la abundancia respectivamente.

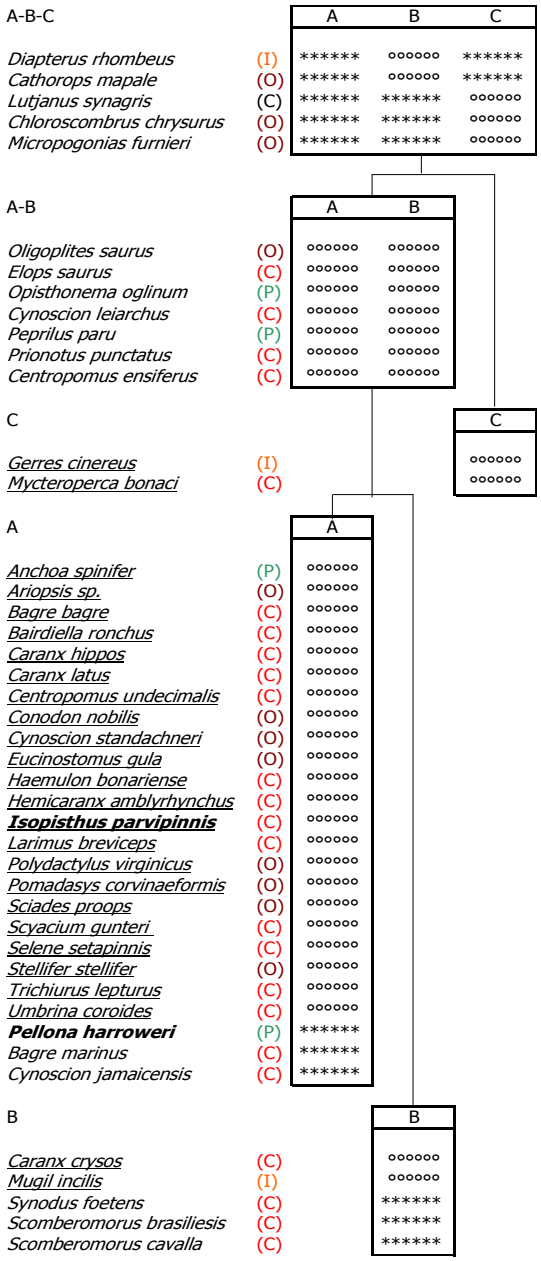
De otro lado, la estación E11 en la época de lluvias y transición, junto con la estación E3 de lluvias (grupo B) conformaron un grupo caracterizado por tener dos especies exclusiva (*C. crysos* y *M. incilis*) y porque en general, la mayoría de las especies que se capturaron en la estación E11, son predominantemente marinas. Lo anterior evidencia la influencia de las corrientes oceánicas que entran por Bocachica sobre esta estación.

Contrariamente, el agrupamiento con la estación E3 en lluvias se da básicamente por la presencia de especies generalistas con una abundancia similar en las dos estaciones durante la época de lluvia y en la E11 durante la época de transición. En este grupo la especie generalista *C. Chrysurus* aportó el 29% de la abundancia, seguida de *O, oglinum* (23%), *M. furnieri* (10%) y *D. rhombeus* (10%). Cabe resaltar que todas estas especies desovan en el mar, o en el caso de *M. furnieri*, en lugares con frentes salinos, cerca de las bocas de los sistemas estuarinos (Macci, 1997, op.cit).

Los muestreos realizados en la estación E6 durante la época de lluvias y la época de transición forman el grupo C, en el cual se encontraron dos especies exclusivas (*Gerres cinereus* y M. *bonaci*), mismas que son predominantemente marinas en sus estados adultos. En este grupo las especies *D. rhombeus* (57%), *C. mapale* (17%) y *C. chrysurus* (11%) determinaron el 85% de la abundancia en este grupo.

En términos generales se observa que las especies generalistas *O. oglinum*, *M. furnieri*, *C. chrysurus*, *D. rhombeus*, *C. mapale* y la especie *P. harroweri*, por demás características de la región oriental muestreada, son las que determinan la estructura de la comunidad íctica al interior de la bahía de Cartagena.

Figura 3-84 **Análisis inverso para los grupos del dendrograma de similitud. **** corresponde a las especies con abundancia del 70%; oooo del 90%. Las especies subrayadas son exclusivas de cada grupo y las resaltadas son características del grupo de estaciones (abundancia mayor o igual a 70%). Las letras al lado de la especie describen hábitos tróficos y el color, su grupo alimenticio al: P = Planctófago (consumidores de 1er orden);I= Iliófago (cons. de 1er y 2º órden); O = Omnívoro (cons. 2º órden); Ic = Ictiófago (consumidores de 3er y 4º orden).**



En cuanto a los hábitos tróficos, en el grupo A hay 12 especies omnívoras, 20 carnívoras, 4 planctófagas y 1 iliófagas. En el grupo B se encontraron 4 especies omnívoras, 9 carnívoras, 2 planctófagas y 2 iliófagas. Por su parte en el grupo C, 3 de las especies fueron omnívoras, 2 carnívoras, 2 iliófagas y ninguna especie planctófaga (Figura 3-84).

De los resultados obtenidos, se destaca que la mayoría de las especies (48%) fueron consumidores de tercer y cuarto órden, alimentándose principalmente de crustáceos bentónicos y peces. Los peces de segundo órden (39%), incluyen en su dieta vegetales terrestres, algas marinas y microalgas. La mayoría de estas especies consumidoras de segundo, tercer y cuarto órden se encontraron en en estado gonadal indiferenciado o etapas tempranas de desarrollo sexual de machos y hembras, lo que es un indicador de que este ambiente es una zona de crianza y alimentación para algunas de estas especies carnívoras que se reproducen y crecen en el mar.

Usualmente, los invertebrados béntónicos son el grupo predominante en la dieta de estos peces., a la vez que son abundantes en los ecosistemas estuarinos, por lo que, los carnívoros (incluyendo omnívoros e ictiófagos) parecen dominar en todos los hábitats registrados en la Bahía. Sin embargo, a pesar de que los carnívoros y omnívoros predominan en número de especies, los planctófagos, principalmente *P. harroweri*, predominan en número de individuos y esta es una tendencia que se mantiene de época a época.

- *Diversidad*

Las principales diferencias que se presentan entre los grupos registrados se dan en la abundancia y número promedio de especies. Así, el grupo A mostró un número promedio de especies (ANOVA $F_{2,15}$ = 4,64; $p<0,05$) e individuos (ANOVA $F_{2,15}$ = 4,56; $p<0,05$) significativamente mayor al grupo C, indicando que la E6 en las épocas de lluvia y transición presenta el ensamble más pobre en número en relación a el resto de las estaciones en las diferentes épocas del año.

Para el caso, se destaca que los índices de riqueza de Margalef, el índice de diversidad de Shannon y el índice de uniformidad promedio no mostraron diferencias significativas entre los grupos, indicando que la riqueza de especies y la distribución de los individuos dentro de ellas son similares.

Por su parte, los valores bajos del índice de uniformidad reflejan la alta dominancia de algunas especies dentro de las estaciones y las épocas, y al ser este índice es un indicador del estado de equilibrio de un ecosistema, para el cual se estima que valores cercanos a 2 son un indicador de buen equilibrio del ecosistema, se destaca que los valores obtenidos en todas las estaciones dentro de la Bahía de Cartagena están por debajo de dicho valor, lo que

sugiere que el ambiente natural de la bahía, está sometido a permanentes perturbaciones ya sea de forma natural o por efecto antrópico (Tabla 3-49).

Tabla 3-49 Índices ecológicos calculados por muestreo durante la época de transición (T), lluvias (L) y seca (S) y promedio (± desviación estándar) para los grupos formados en la clasificación y ordenación

Grupo	Estación	No. especies (S)	No. de peces (N)	Riqueza (d)	Uniformidad (J')	Diversidad (H')
A	E1T	17	105	3,44	0,86	2,44
	E1L	18	155	3,37	0,68	1,97
	E1S	18	134	3,47	0,82	2,38
	E3T	16	426	2,48	0,55	1,53
	E3S	11	63	2,41	0,69	1,65
	E5T	17	124	3,32	0,69	1,96
	E5L	11	105	2,15	0,55	1,33
	E5S	10	28	2,70	0,90	2,08
	E6S	13	102	2,60	0,62	1,58
	E9T	9	47	2,08	0,67	1,47
	E9L	10	209	1,69	0,48	1,10
	E9S	7	38	1,65	0,70	1,36
	E11S	16	127	3,10	0,76	2,12
Promedio		**13**	**128**	**2,65**	**0,69**	**1,77**
d.e.		**4**	**103**	**0,65**	**0,12**	**0,42**
B	E11L	12	76	2,54	0,63	1,57
	E11T	11	53	2,52	0,76	1,82
	E3L	8	59	1,72	0,76	1,58
Promedio		**10**	**63**	**2,26**	**0,71**	**1,65**
d.e.		**2**	**12**	**0,47**	**0,07**	**0,14**
C	E6L	6	25	1,55	0,68	1,22
	E6T	5	21	1,31	0,75	1,21
Promedio		**6**	**23**	**1,43**	**0,72**	**1,21**
d.e.		**1**	**3**	**0,17**	**0,05**	**0,004**

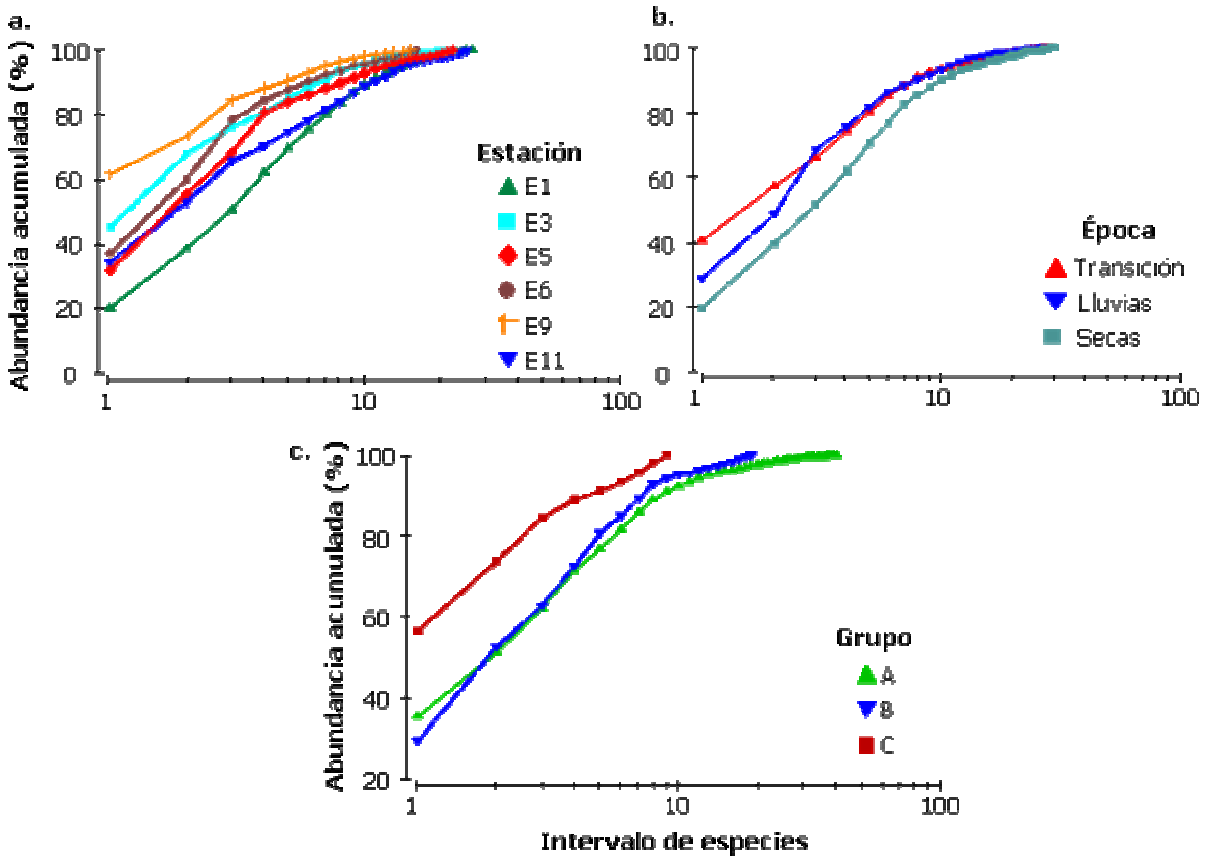
Las curvas de k-dominancia muestran que, en efecto, la combinación de espacio y tiempo determina la diversidad en la bahía de Cartagena. El mismo, a nivel espacial (Figura 3-85 a) registra que la estación E1 tiende a presentar una mayor diversidad que el resto de las estaciones y la estación E9 tiende a se la menos diversa. A pesar de estas tendencias, en todas las curvas se observa una gran dominancia numérica por parte de unas pocas especies dentro de cada una de las estaciones.

De igual fomra, la diversidad en la época seca es ligeramente mayor que en las otras dos temporadas (Figura 3-85 b). Comparando la diversidad de los grupos obtenidos del agrupamiento se muestra que la estación E6 en las épocas de lluvia y transición fue la menos diversa que las demás estaciones en las diferentes épocas climáticas (Figura 3-85 c).

Sobre el particular, vale descatar cómo las especies dominantes y euritípicas dentro de las comunidades estuarinas determinan la estabilidad temporal y la diferenciación comunitaria espacial, ya que predominan en sitios donde las condiciones de turbidez, profundidad yvegetación, son favorables. En este caso es favorable el lado oriental de la bahía (particularmente E1), donde las especies dominantes son exclusivas (*P. harroweri*) o generalistas pero abundantes (*C. mapale*), para ara lo cual se llama la atención sobre el hecho de que donde la parte espacial llega a ser más relevante que la temporal es común en estuarios tropicales (Castillo Ribera et al., 2003)[114].

[114] CASTILLO-RIVERA, M., R.ZÁRATE y L. SANVICENTE-AÑORVE. 2003. Patrones de la diversidad de peces en la laguna de Pueblo Viejo,Veracruz, México. Hidrobiológica 13:289-298.

Figura 3-85 **Curvas de k-dominancia. a.) Diversidad por estación; b.) diversidad por época climática y c.) diversidad por grupos obtenidos de la clasificación de la comunidad de peces en la bahía de Cartagena**



- *Relación de la abundancia y composición de especies con las variables ambientales*

De acuerdo con el análisis BIOENV, la combinación de variables ambientales medidas que mejor explica el comportamiento de la abundancia de las especies de peces en las diferentes estaciones y épocas climáticas muestreadas, está dado por la transparencia, lal DBO_5 y la concentración de grasas y aceites en la columna de agua (Tabla 3-50). Además, la concordancia entre estas matrices fue significativa (ρ_w = 0,261, p = 0.015). De todas las variables, la transparencia fue la más consistente como variable determinande. Sin embargo, otras variables como la profundidad, la DQO y la turbidez también se correlacionan con la matriz de abundancia generada a partir del análisis de similitud.

Al suporponer las variables ambientales con la matriz biológica en el NMDS (Figura 3-86) se observa que las estaciones del grupo A se caracterizaron por tener una transparencia

intermedia, influenciada por el comportamiento hidrodinámico del canal del Dique dentro de la bahía. Por su parte, el grupo B (estación E11) se ubica en la zona con mayor transparencia dada la influencia oceánica y el C (estaciones E3 y E6), se localiza en las estaciones con menor transparencia, donde se registra una influencia directa de las aguas del canal del Dique tanto en las épocas de lluvia y transición.

Lo anterior se explica porque la pluma del canal del Dique se dirige hacia el norte, y dada la hidrodinámica de la bahía, las aguas superficiales del canal, que son po rlo general más cálidas, pasan por la E6, mientras que las aguas oceánicas entran a la bahía por Bocagrande por debajo. Lo anterior se refleja en la mayor salinidad de fondo observada en esta estación en las épocas mensionadas.

Por su parte, la influencia de la DBO y la concentración de grasas y aceites no es tan significativa entre los grupos formados, por lo que es difícil analizar las tendenciasy las relaciones de cada una de ellas sobre la estructura de estos grupos de estaciones. Sin embargo, vale destacar que al ser estas variables indicadoras de la calidad de las aguas derivada por lo general de actividades antrópicas que afecta la bahía (urbanismos, industria, turismo), muy seguramente con ocasión de que se continuen desarrollando muestreos similares, se podrá afinar la relación registrada y necesariamente explicar algunos comportamientos a la fecha no dilucidados cabalmente.

Al respecto de las variables mencionadas, se llama la atención que la DBO_5 en la época de lluvias a la altura de la estación E6, estuvo muy cerca del límite de concentración tolerado por los peces (10 $mg*L^{-1}$ DBO_5, Gafny et al. 2000)[115], lo que podría haber afectado su presencia y por lo tanto su captura en esta zona.

En cuanto a la relación entre la transparencia y la estructura comunitaria de peces, se destaca que la misma ha sido demostrada, y de igual forma se ha sugerido que ésta junto con otras variables como la profundidad y la salinidad influyen en los patrones de distribución espacial de las especies que registran ensambles ícticos típicos de estuarios tropicales (Harrison y Withfield, 2005[116]; Simier et al., 2006[117]; Costa de Acevedo et al.,

[115] GAFNY, S., M. GOREN y A. GASITH. 2000. Habitat condition and fish structure in a coastal mediterranean stream (Yarqon, Israel) receiving domestic effluent. Hidrobiología, 422/423: 319-330

[116] HARRISON, T.D. y A.K. WITHFIELD. 2005. Temperature and salinity as primary determinants influencing the biogeography of fishes in South African estuaries. Estuarine, Coastal and Shelf Science 66:335-345.

[117] SIMIER, M., C. LAURENT, J.M. ECOUTIN y J.J. ALBARET. 2006. The Gambia River estuary: A reference point for estuarine fish assemblages studies in West Africa. Estuarine, Coastal and Shelf Science 69: 615-628.

2007[118]), por lo que seguramente y en la medida de su estudio mas continuado, combinando otros artes, se podrán llegar a conclusiones mas acertivas para el caso.

De los datos obtenidos, vale destacar cómo, en todos los ambientes someros tropicales, hay un número significativo de peces plactívoros que son pelágicos de superficie o media agua. Ellos incluyen especies de Clupeidae, Atherinidae, Engraulidae, Hemiramphidae y pequeños carángidos. Estas son especies pequeñas a medianas que forman cardúmenes, las cuales habitan la columna de agua y se mueven indistintamente sobre varios hábitats bénticos.

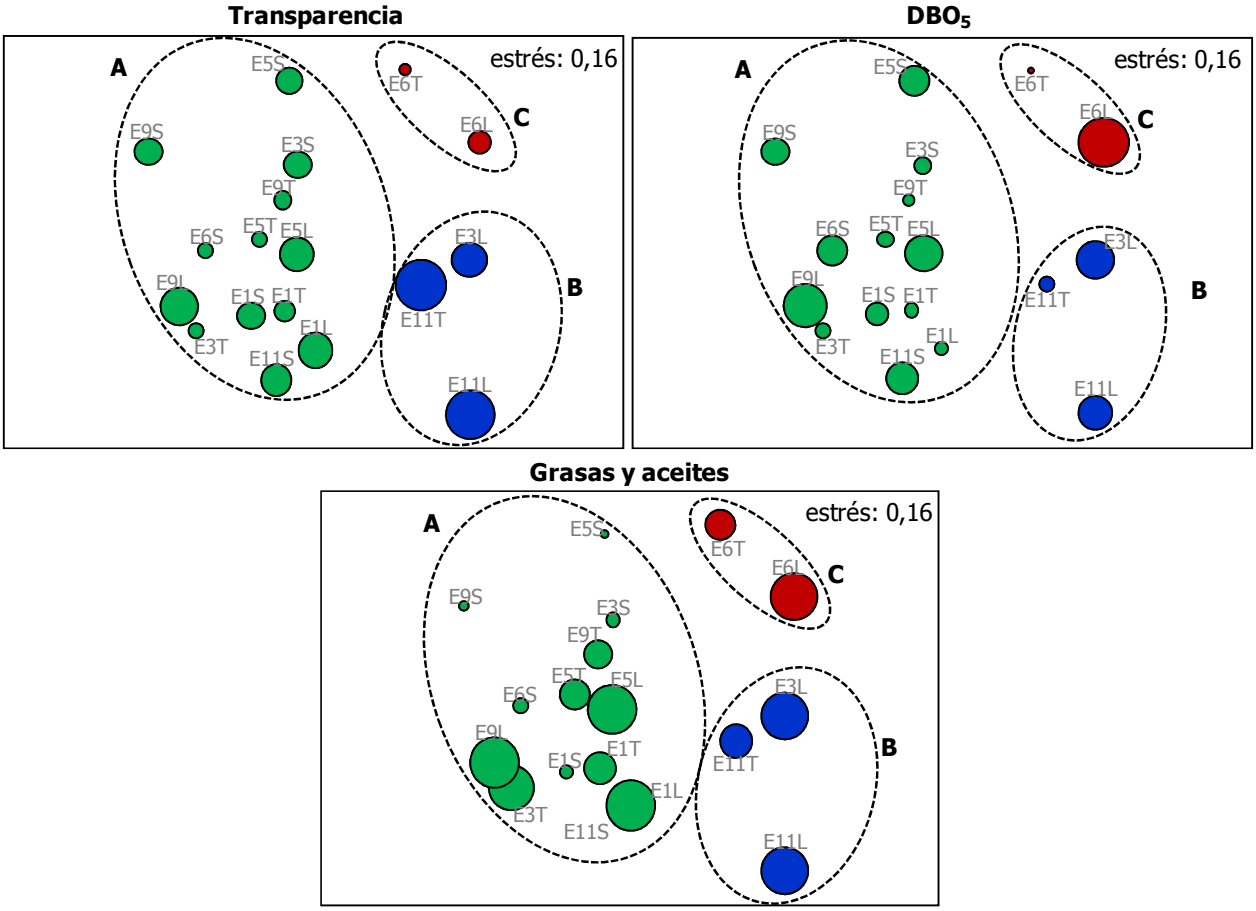
Es por ello que a estas especies no las afecta lo que pase directamente en el sedimento sino las condiciones de transparencia y acumulación de nutrientes en ellos que permiten la proliferación de fito y zooplancton lo que redundan en el incremento de sus poblaciones en zonas como el costado oriental de la bahía, siendo importante destacar que producto del arte empleado, varias de ellas no fueron capturadas en el desarrollo del muestreo de peces de la Bahía de Cartagena.

Tabla 3-50 Análisis BIOENV mostrando la combinación de variables que produce la mejor coincidencia de las matrices de similitud biológica y ambiental, medida a través de la correlación por rangos de Spearman ponderado (ρ_w)

No.	VARIABLES					(ρ_w)
1	**Transparencia**	**DBO_5**	**G y A**			**0,154**
2	Profundidad	Transparencia	G y A			0,153
3	Transparencia	DBO_5				0,152
4	Profundidad	Transparencia	G y A	Turbidez		0,146
5	Profundidad	Transparencia	DBO_5	G y A		0,146
6	Transparencia					0,144
7	Transparencia	DQO	G y A			0,143
8	Transparencia	DBO_5	DQO	G y A		0,135
9	Profundidad	Transparencia	DBO_5	G y A	Turbidez	0,164
10	Transparencia	G y A				0,134

[118] COSTA DE ACEVEDO, M.C., F. GERSON ARAÚJO, A. GOMES da CRUZ-FILHO, A. L. MACHADO PESSANHA, M. de ARAÚJO SILVA y A.P. PENHA GUEDES. 2007. Demersal fishes in a tropical bay in southeastern Brazil: Partitioning the spatial, temporal and environmental components of ecological variation. Estuarine, Coastal and Shelf Science 75: 468-480.

Figura 3-86 **Superposición de variables ambientales que mejor correlacionan con la matriz de similitud de abundancia de peces colectados en la bahía de Cartagena durante tres épocas climáticas. Los colores coreresponden a los grupos formados en el análisis de agrupamiento y el tamaño de la burbuja representa la magnitud de la variable en cada estación y época de muestreo.**



- *Comparación con otras zonas (tropicales y templadas)*

De los resultados obtenidos en el desarrollo del estudio, así como de los reportes previos aportados por otros estudios, se puede mencionar que la bahía de Cartagena presenta un ensamble íctico normal, característico de los estuarios y lagunas costeras tropicales, que está conformado por una gran cantidad de especies de las cuales solo unas pocas llegan a ser dominantes y son las que definen la estructura espacial y temporal de las comunidades de peces presentes.

Sobre el particular, se puede destacar cómo géneros y especies como *D. rhombeus*, *Bagre marinus*, *Cathorops* spp., presentes en la bahía, muestran también ser dominates en otros ambientes estuarinos como la laguna de Términos en México y la ciénaga de Mayorquín en el Caribe Colombiano (Arrieta y de la Rosa, 2003; Ayala-Perez et al., 2003), donse por lo general, la mayoría de las especies en estos ambientes se caracteriza por ser pequeñas, oportunistas y migratorias, y donde emplean los ambientes estuarinos para desarrollar algunas fases específicas de su ciclo de vida como la crianza, alimentación o reproducción.

La predominancia de este tipo de especies de estrategia ecológica "r" es característica de ecosistemas por lo general sometios a estrés natural o antrópico. Así, por ejemplo, las características comunitarias son similares a aquellas observadas en ecosistemas como la Ciénaga Grande de Santa Marta, la cual está bajo una fuerte presión presión tanto natural como antrópica y la laguna de Términos, en México, que conforme varios estudios adelantados a través de los años, registra una hidrodinámica compleja que determina la gran diversidad de hábitats tanto a nivel espacial como temporalmente (Tabla 3-51).

De otro lado, se llama la atención sobre el hecho de que la Ciénaga de Tesca o Juan Polo, localizado al norte de Catagena, mostró resultados similares a este trabajo en el sentido que se encontró una alta afinidad entre las muestras colectadas en lluvias y en transición (INVEMAR, 2004c, op. cit). Sin embargo, la segregación espacial y temporal observada en ese estudio, en el que la comunidad cambia su estructura y composición entre la época seca y las de lluvias y transición, no fue evidente en la comunidad de la bahía de Cartagena.

Por el contario y, como sucede en otros ecosistemas tropicales de este tipo (Castillo-Ribera et al., 2003; Arrieta-Vera y Rosa-Muñoz, 2003; Costa de Azevedo et al., 2007, op cit.), la bahía tiene un comportamiento en el que las variaciones espaciales tienden a ser más importante que las temporales. Sin embargo, hay que destacar que la heterogeneidad ambiental depende mucho de la dinámica temporal, particularmente asociada con los aportes del Canal del Dique, la cual genera una sinergia entre estos dos componentes, facilitando la segregación de las especies.

A pesar de la diversidad de métodos de captura y esfuerzo de pesca por lo general empleados en las diferentes regiones que se registran para los fines de comparación, se puede destacar que es consistente en todos los estudios una afinidad entre la composición de las comunidades propias de las estaciones cercanas a la zona industrial y su segregación de aquellas cercanas a las bocas de la Bahía (Ospina-Arango y Pardo-Rodríguez, 1993; Gómez-Rangel y Luna González, 1994), por lo que se confirma que la dinámica hídrica de la bahía determina en gran parte la estructura de las comunidades allí presentes.

Al respecto, varios estudios adelantados mas de dos décadas atrás mencionan los probables efectos negativos derivados de diferentes fuentes de contaminantes sobre las comunidades

ícticas (Linden et al., 1980, Mercado, 1981) presentes en la bahía; encontrando en esa época que la menor cantidad de especies e individuos tendían a presentarse en las zonas cercanas al complejo industrial de Mamonal. Sin embargo, la diversidad de técnica de captura, los lugares de muestreo y de análisis de información, no permite establecer nada concluyente a este respecto, al reconocer que fue precisamente en estos sitios donde se capturó la mayor diversidad y biomasa de peces, en el desarrollo del presente estudio conforme lo registrado previamente.

Conforme se mencionó previamente, todas las especies colectadas en el presente trabajo, excepto *Cynoscion leiarchus* e *Isopisthus parvipinnis*, ya han sido reportadas en trabajos anteriores realizados dentro de la bahía y zonas aledañas (Sánchez y Salazar, 1982; Gómez-Rangel y Luna-González, 1993; Ospina y Pardo, 1993; Solano y Villegas, 1996; INVEMAR, 2004c). Sin embargo, estas dos especies ya han sido registradas en la zona costera del Caribe colombiano (Chao, 1978; Cervigón et al., 1992). Así, en este trabajo se adicionan a la lista de aquellas existentes en la bahía.

Teniendo en cuenta los inventarios de especies que se realizaron con base en los muestreos nocturnos con tramallo entre 1992 y 1993, se pueden observar algunos aspectos que llaman la atención sobre variaciones de la comunidad desde esa época hasta el período del presente estudio, donde se destaca que de las 93 especies reportadas en los dos casos, 25 son comunes a los inventarios de 1993; 19 son exclusivas del estudio actual y 49 se encontraron en 1993 y no actualmente. Lo anterior puede estar relacionado con las diferencias en la selectividad de las artes y el esfuerzo de pesca (mesual vs. estacional; nocturno vs. diurno), pero también puede sugerir la pérdida especies o, el reemplazo en presencia y/o abundancia de unas especies por otras.

Así por ejemplo, durante el muestreo actual, no se colectaron peces cartilaginosos, ni grandes predadores como tiburones, meros, sábalos y barracudas, entre otros. Aún cuando lo anterior se intuye está asociado a las limitaciones metodológicas derivadas del arte de pesca empleado y producto del hecho de que no se muestró durante la noche, por lo que se recomienda para futuros estudios, combinar los artes de pesca a emplear, así como extender las faenas a otros horarios que permitan la captura de especies de hábitos nocturnos, para los fines de llegar a interpretaciones mas adecuadas y precisas en cuanto al aparente decrecimiento en el número de especis de peces que se intuye, en especial al reconocer que esta tendencia ha sido observada en otros ambientes costeros perturbados ambientalmente por actividades antrópicas, para los cuales se ha sugerido que su desaparición se debe a cambios drásticos y crónicos en la calidad del ecosistema, así como por las presiones ejercidas por actividades como la pesca y en general la contaminación.

Tabla 3-51 Características de la comunidad íctica en diferentes estuarios y lagunas costeras del Caribe colombiano y el Golfo de México.

Lugar	No Ind.	Sp	Peso total (kg)	No. spp dominantes	Diversidad (H')	Frec. muestreo	Periodo (meses)	hora muestreo	Arte de pesca	Fuente
Laguna de Términos (México)	25.588	107	601,5	18	1,88-7,88	Mensual	19	diurno	Red de arrastre	Ayala-Perez et al., 2003
Laguna de Pueblo Viejo (México)	9.108	66		7	0,89-1,58	Mensual	12	diurno	Chinchorro playero	Castillo-Ribera et al.,2003
Ciénaga Grande de Santa Marta	1.158	36	143,1	6	0,75-2,23	Mensual	12	diurno	Atarraya	Sánchez y Rueda, 1998
Complejo Pajarales	1.410	24	152,1	7	1,29-2,21	Mensual	12	diurno	Atarraya	Sánchez y Rueda, 1998
Complejo Salamanca Occidental	843	42	137,7	12	2,16-2,74	Mensual	12	diurno	Atarraya	Sánchez y Rueda, 1998
Ciénaga de Mayorquín	2.424	36	187	4	0,13-0,33	Quincenal	10	diurno	Atarraya	Arrieta-Vera y De la Rosa-Muñoz, 2003
Ciénaga de Tesca- Juan Polo	545	27	340,3	8	1,91-3,54	Estacional	12	diurno	Atarraya	INVEMAR, 2004c
Bahía de Cartagena y costa adyacente	1.808	89	737,6	3		Mensual	12	nocturno	Trasmallo	Gómez-Rangel y Luna González, 1994
Bahía de Cartagena y costa adyacente	1.431	79		3		Mensual	8	nocturno	Trasmallo	Ospina-Arango y Pardo Rodríguez (1993)
Bahía de Cartagena	1.893	44	136,7	10	1,10-2,44	Estacional	12	diurno	Trasmallo	**Presente Estudio**

3.3.2.4 Monitoreo de la comunidades zooplanctónicas de la Bahía de Cartagena

En la bahía de Cartagena se han realizado varios estudios relacionados con las comunidades zooplanctónicas, en los que se ha intentado relacionar los patrones de corrientes, turbidez, contaminación bacteriana y contaminación por aguas de lastres, entre otros aspectos. Estos han sido desarrollados en su mayoría por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) la Empresa Colombiana de Petróleos (ECOPETROL) y el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vides de Andreis" (INVEMAR).

Para el caso presente, el muestreo se llevó a cabo en función del radial establecido a partir del sector industrial de la Bahía de Cartagena, adelantando los arrastres las estaciones de muestreo de la calidad del agua ya referenciadas, conforme se registra en la Tabla 3-52 siguiente.

Tabla 3-52 Código, fecha y profundidad del arrastre en las estaciones de monitoreo para el componente zooplanctónico durante las tres épocas climáticas monitoreadas (Transición, Lluvia y Seca) en la zona industrial del Mamonal, Bahía de Cartagena

ESTACIÓN	ÉPOCA	Mes	FECHA	HORA ARRASTRE	PROFUNDIDAD DEL ARASTRE (m)
E1	Transición	Agosto	03/08/2007	14:02:00	Superficial
E2	Transición	Agosto	04/08/2007	14:29:00	14,0
E3	Transición	Agosto	04/08/2007	12:25:00	10,0
E4	Transición	Agosto	02/08/2007	14:29:00	5,0
E5	Transición	Agosto	04/08/2007	8:00:00	12,0
E6	Transición	Agosto	02/08/2007	9:30:00	23
E7	Transición	Agosto	02/08/2007	12:25:00	24
E8	Transición	Agosto	04/08/2007	9:35:00	18,0
E9	Transición	Agosto	03/08/2007	8:10:00	13,0
E10	Transición	Agosto	03/08/2007	10:15:00	14,0
E11	Transición	Agosto	03/08/2007	12:44:00	9,0
E1	Lluvias	Noviembre	22/11/2007	12:30:00	Superficial
E2	Lluvias	Noviembre	22/11/2007	10:25:00	14,0
E3	Lluvias	Noviembre	22/11/2007	8:00:00	10,0
E4	Lluvias	Noviembre	22/11/2007	14:28:00	5,0
E5	Lluvias	Noviembre	20/11/2007	8:00:00	12
E6	Lluvias	Noviembre	20/11/2007	11:04:00	25
E7	Lluvias	Noviembre	20/11/2007	13:30:00	24
E8	Lluvias	Noviembre	21/11/2007	15:29:00	18
E9	Lluvias	Noviembre	21/11/2007	13:19:00	14
E10	Lluvias	Noviembre	21/11/2007	11:20:00	14
E11	Lluvias	Noviembre	21/11/2007	7:22:00	8
E1	Seca	Marzo	28/03/2008	14:00:00	Superficial
E2	Seca	Marzo	28/03/2008	12:15:00	14,0
E3	Seca	Marzo	28/03/2008	7:37:00	10,0
E4	Seca	Marzo	27/03/2008	15:17:00	5,0
E5	Seca	Marzo	27/03/2008	13:20:00	12,0
E6	Seca	Marzo	27/03/2008	8:10:00	25,0

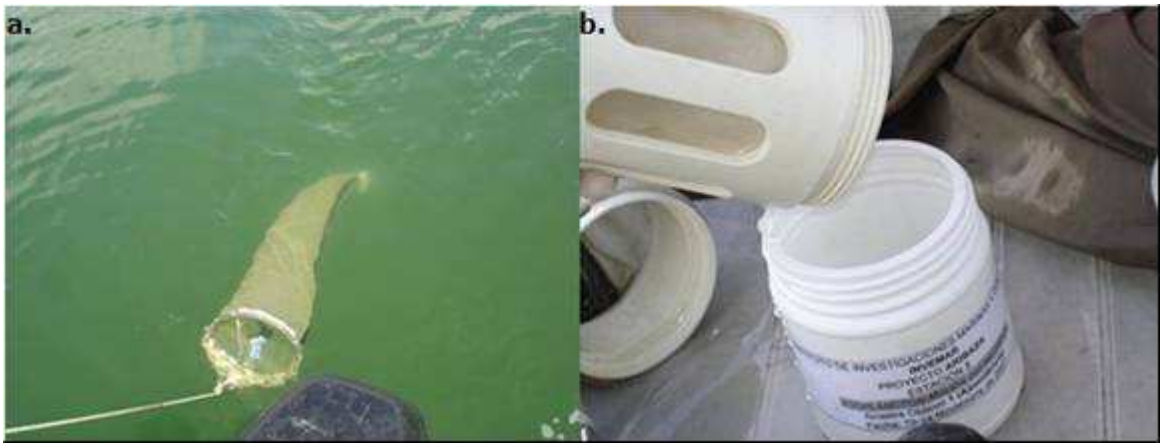
ESTACIÓN	ÉPOCA	Mes	FECHA	HORA ARRASTRE	PROFUNDIDAD DEL ARASTRE (m)
E7	Seca	Marzo	27/03/2008	10:25:00	24,0
E8	Seca	Marzo	28/03/2008	9:39:00	19,0
E9	Seca	Marzo	29/03/2008	11:20:00	14,0
E10	Seca	Marzo	29/03/2008	9:02:00	14,0
E11	Seca	Marzo	29/03/2008	7:20:00	9,0

- *Fase de campo*

Excepto por la estación uno referida en la tabla, la toma de muestras se realizó por medio de arrastres oblicuos en forma circular desde 2 m antes de la interface agua-sedimento hasta superficie. En la estación E1 el arrastre se realizó de manera superficial debido a que se encontraba en una zona con una profundidad de 4,5 m.

Para todos los casos, el tiempo de arrastre fue de 5 minutos en promedio, a una velocidad de 3 nudos, empleando como muestreador una red cónica simple de 250 µm de ojo de malla, con diámetro de boca de 30 cm y 1,30 m de longitud. Para cuantificar el volumen filtrado en cada arrastre, la red estuvo equipada con un flujómetro Sea-Gear (previamente calibrado). Las muestras de zooplancton se colectaron en frascos plásticos de 500 ml, adicionando 25 ml de fijador (formol tamponado al 37%) y completando a 500 ml la muestra con agua de mar filtrada, preservando las muestras en una solución de formalina al 4% (foto 3-5). Finalmente, las muestras se almacenaron y trasladaron en neveras de fibra de vidrio para el análisis en el laboratorio.

Foto 3-5 **Muestreo de zooplancton. a. Arrastre y recolección de la muestra con la red cónica simple. b. fijación de la muestra.**

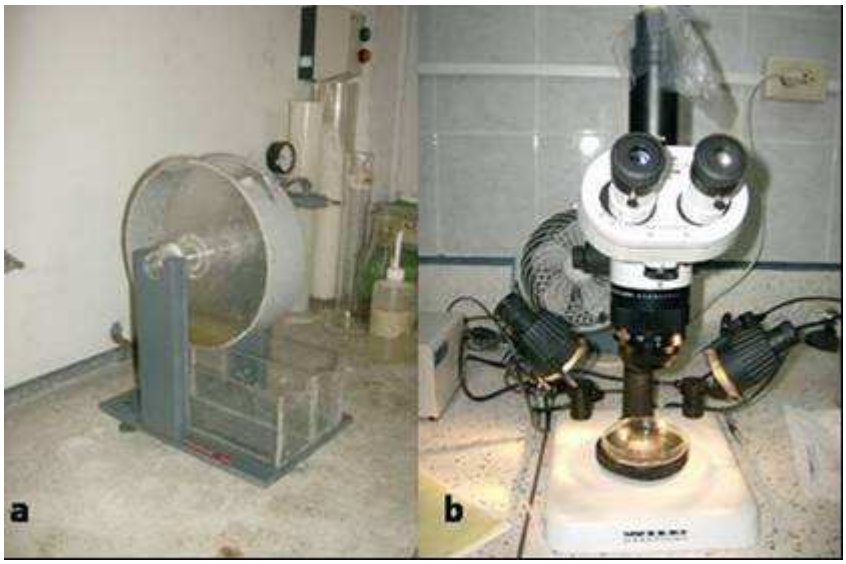


- *Análisis de las muestras*

Este análisis consistió en este caso en separar y determinar la composición a nivel taxonómico de familia, para lo cual se utilizó el separador de plancton Folsom (foto 3-6 a), que permite dividir en partes iguales la muestra a contar.

En este, las muestras se dividieron en un medio y un cuarto (dependiendo de las condiciones en términos de densidad) y a partir de éstas fracciones se realizó la identificación taxonómica de los organismos, la cual se llevó hasta el nivel de familia, empleando estereoscopio marca Wild Heerbrugg de 32x de aumento máximo (foto 3-6 b) y siguiendo las claves de identificación propuestas por: Newell y Newell (1963); Smith (1977); Boltovskoy (1999); Young (2002) y Boxshall y Halsey (2004c).

Foto 3-6 **Método para el conteo del zooplancton. a. Separador Folsom para obtener alícuotas de la muestra total. b. Estereomicroscopio para la determinación taxonómica del zooplancton**



Las muestras de zooplancton fueron analizadas en el laboratorio del Museo de Historia Natural Marina del INVEMAR. A partir del análisis cualitativo de la comunidad se llevó a cabo el análisis cuantitativo, estimando la abundancia por taxa. Las abundancias obtenidas se llevaron inicialmente al volumen neto de la muestra colectada en campo, multiplicándose por el factor de división; finalmente éstas se dividieron por los respectivos volúmenes filtrados en cada arrastre para reportar la abundancia total en individuos por 100 m^{-3}, siguiendo la metodología propuesta por Gasca *et al.*, (1996).

Aparte delo señalado y evaluó la biomasa zooplanctónica para conocer el papel que juegan estas especies en la red trófica y conocer la productividad y el estado nutricional de dichas especies, mediante la metodología propuesta por Gasca *et al.*, (1996) y Boltovskoy (1981), basada en el desplazamiento de volumen de los organismos zooplanctónicos en una probeta, para lo cual se ajustó la muestra a un volumen conocido y se filtró a través de un colector de malla de 60 µm. Una vez que todo el líquido drenó, se procedió a secar la muestra con papel absorbente cuidando de no dañar los organismos. Posteriormente se valoró el volumen del líquido restante sin muestra, por diferencia se conoció el volumen desplazado (foto 3-7).

Foto 3-7 **Estimación de la biomasa volumétrica por medio del volumen desplazado de los organismos zooplanctónicos.**



Se siguió el protocolo para análisis de mesozooplancton adoptado en el laboratorio de la Coordinación de Servicios Científicos y propuesto por Omori e Ikeda (1984) y Boltovskoy (1981). Después de realizar el análisis volumétrico, las muestras se procesaron para hacer la determinación gravimétrica de Peso húmedo, seco y peso libre de cenizas.

Cada registro de peso se valoró por triplicado con el fin de trabajar con los valores promedio, para lo cual las muestras de peso húmedo, peso seco y peso libre de cenizas se dividieron en los volúmenes filtrados para cada muestra, obteniendo de ésta manera, los registros de biomasa muestreada.

- *Análisis estadísticos uni y multivariados*

Para caracterizar la estructura de las comunidades zooplanctónicas presentes en la Bahía, se evaluaron atributos como densidad (Ind. 100 m^{-3}), abundancia relativa (%), biovolumen y

biomasa expresada en peso húmedo, peso seco y peso orgánico (gr. 100 m^{-3}); con estos datos se realizaron histogramas y gráficos de composición para cada periodo de muestreo; adicionalmente se emplearon estadísticos descriptivos para las valoraciones iníciales (máximos, mínimos, promedios y desviaciones estándar, etc.).

Basados en los valores obtenidos de densidad (Ind. 100 m^{-3}), se crearon matrices para cada época de muestreo, considerando únicamente las taxas a nivel de familia, para ser incluidas en los análisis multivariados.

Así mosmo y con el objeto de caracterizar en términos ecológicos la estructura de la comunidad y su variación espaciotemporal, se emplearon algunos índices ecológicos como riqueza, diversidad, equitabilidad y números de Hill. La diversidad se calculó con base en el índice de Shannon-Wiener(H'), ya mencionado. De igua forma, el índice de equitabilidad o uniformidad (J') valoró la razón entre H' y H' máxima, generando información sobre la diversidad alcanzada en la muestras con relación a la diversidad máxima posible en la misma (Clarke y Warwick, 2001 op. cit).

Con el propósito de establecer la correlación entre la abundancia (estimada en términos de densidad) y la biomasa de la comunidad zooplanctónica se usó el coeficiente de correlación de Spearman acompañado de una prueba de hipótesis ($p \leq 0,05$).

Adicionalmente, se realizaron pruebas paramétricas empleando el programa Infostat 6,0 ®, aplicando la prueba de ajuste de Shapiro-Wilk en los ajustes a la distribución normal, por ser esta la prueba más recomendable para probar la normalidad con un $n<30$; de igual forma, en los casos donde se cumplieron los supuestos de normalidad, se aplicó la prueba de homogeneidad de varianzas basados en el estadístico de Levene.

Para determinar posibles diferencias significativas entre algunos de los atributos de la comunidad zooplanctónica tales como abundancia total, riqueza, diversidad y biomasa volumétrica, húmeda seca y materia orgánica, se realizó una ANOVA a una vía (cuando se cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza en los datos) y así mismo, se aplicó el análisis no paramétrico (Kruskal Wallis) en los casos que no se cumplieron los supuestos. Con estos procedimientos se comprobaron las hipótesis formuladas *a priori* sobre las diferencias de cada uno de los atributos comunitarios valorados a nivel temporal (transición, lluvias y seca).

De otro lado y con el fin de establecer los niveles de correlación entre la selección de variables fisicoquímicas con los diferentes tipos de biomasas considerados, se llevó a cabo un análisis de correlación múltiple de Spearman acompañado de una prueba de hipótesis ($p \leq 0,05$) utilizando el programa Infostat 6,0 ®.

En este, se aplicaron algunas técnicas multivariadas con el propósito de detectar variaciones espaciales y temporales de la estructura de la comunidad, en términos de composición y abundancia, entre las estaciones de muestreo y entre las tres épocas de muestreo. Con base en el modelo propuesto por Taylor (1961) se determinó realizar una transformación (Log x+ 1) de las abundancias absolutas (Ind. 100 m^{-3}), posteriormente se llevó a cabo un análisis de clasificación basado en una matriz triangular de similaridad que, a su vez, se generó con base al índice de similaridad de Bray-Curtis, empleando como estrategia de ligamento, el promedio no ponderado (UPGMA, por sus siglas en ingles). La interpretación de éste análisis se llevo a cabo a partir de su salida gráfica, que consiste en dendrogramas de similaridad que permiten definir grupos de estaciones (Clarke y Warwick, 2001, op. cit).

De igual forma y con base en la matriz triangular de similaridad que se generó en el análisis de clasificación, se realizó un análisis de ordenación por el método de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS), que permite expresar los ensamblajes en el espacio de las muestras de acuerdo a sus niveles de similaridad. La interpretación conjunta del análisis de clasificación y de ordenación permitió establecer grupos de estaciones resultado de las variaciones de la estructura de la comunidad, en términos de composición y abundancia. Estos análisis se llevaron a cabo con el paquete estadístico PRIMER 5®.

Para analizar los cambios relacionados con la estacionalidad y especialidad de la muestra, se empleó la versión discriminante del Análisis Canónico de Coordenadas Principales (CAP), como un método flexible para ordenación constreñida que deriva su uso en la ubicación de nuevas observaciones dentro de la ordenación canónica y del uso de errores de clasificación (o errores residuales) para obtener una decisión no arbitraria, concerniente al número apropiado de dimensiones a incluir en el análisis canónico (Anderson y Willis, 2003). El CAP, en su versión discriminante, permite de manera simultánea obtener el patrón de ordenación, aceptar o rechazar una hipótesis nula, establecer el porcentaje de error de reclasificación de las muestras con base en la hipótesis *a priori* y determinar las variables (familias, en este estudio) que se correlacionan con los ejes que representan la ordenación en términos de la hipótesis *a priori*, presentandose de esta forma las variables (familias) que influyen en el patrón de ordenación. El uso del programa de computación para el CAP fue obtenido de la página web http://www.stat.auckland.ac.nz/~mja.

Finalmente, para determinar la correlación de los componentes bióticos con el abiótico se realizó un análisis BioEnv, para lo cual se evaluó el prerrequisito de distribución normal de los datos y la comprobación de la inexistencia de variables con coeficientes de correlación significativamente superiores a 90% ($p < 0,05$) (Clarke y Ainsworth, 1993 op. cit). Definidas las variables a usar, se realizó un análisis BIOENV con base en el coeficiente harmónico de Spearman, que permitió definir qué variables se correlacionaban con la estructura de la comunidad zooplanctónica y en alguna medida explicaban su comportamiento.

- *Estructura y composición de ls comunidades zooplanctónicas*

Se encontró para dos de las tres épocas de muestreo que las comunidades zooplanctónicas estuvieron dominadas por la clase Maxillopoda (Copépodos), seguida la clase Malacostraca (larvas de decápodos) (Figura 3-94), donde se observa que los valores porcentuales de la comunidad cambiaron estacionalmente, así que mientras para la época de transición, la clase Maxillopoda fue la más abundante con un 47% de la composición seguida de Malacostraca con un 25%, para la época de lluvias la clase Malacostraca registró un aumento hasta el 38% y la clase Maxillopoda disminuyó al 30%, volviendo a aumentar en la época seca a 36 %.

Respecto a los porcentajes de las otras clases taxonómicas presentes, se encontró que la clase Gastropoda estuvo prácticamente constante en las tres épocas climáticas, mientras que las clases Hidrozoa, Saggitoidea y Branchiopoda se registraron en la época de transición y seca, con valores que fluctuaron entre el 3 y 4%. Adicionalmente se encontraron clases taxonómicas características para cada época de muestreo como es el caso de Bivalvia que se registró únicamente para la época de transición y la clase Polichaeta para la época de lluvias

Para la época de transición, dentro de la categoría de otros se ubicó a Tentaculata, Granuloreticulosea, Inarticulata, Polychaeta, Appendicularia y Gymnolaemata que en conjunto representaron un 8% (Figura 3-87 a). Para la época de lluvias, se identificó un total de 50 familias pertenecientes a 12 phyllums, ubicando dentro de la categoría de otros a Ostrácoda, Tentaculata, Branchiopoda, Sagittoidea, Granuloreticulosea, Hidrozoa, Thaliacea e Inarticulata (Figura 3-87 b)

Finalmente en la época seca se identificó un total de 49 familias pertenecientes a 9 phyllum, Dentro de la categoría de otros con un 24% se ubicaron Appendicularia, Polychaeta, Granuloreticulosea, Bivalvia, Ostracoda, Gymnolaemata y Echinoidea (Figura 3-87 c).

Al comparar las tres épocas climáticas se registró un cambio en la composición a nivel de phylum, mientras que en la época de transición y seca predominaron los copépodos, en la época de lluvias predominaron las larvas de decápodos, estos valores estuvieron relacionados con las características de la columna de agua y con la influencia de la pluma del canal del Dique dado que las larvas de decápodos son de ambientes con características estuarinas y neríticas (Gasca *et al.,* 1996[119]). A ese respecto, Martínez (2007a)[120] reportó

[119] GASCA, R., SUÁREZ-MORALES, E., Y L. SEGURA. 1996. El zooplancton marino. Págs: 1-36. En: R. GASCA y SUÁREZ MORALES (eds). Introducción al estudio del zooplancton marino. Ecosur. México. 711p.

valores similares de composición para la bahía de Cartagena específicamente en el área circundante a los muelles de Ecopetrol y Contecar.

En ambientes pelágicos, la clase Malacostraca está representada por larvas de crustáceos decápodos y constituyen un importante componente de la fracción meroplánctica del zooplancton marino. La presencia y abundancia de estas larvas es mucho mayor en los mares neríticos, que abarcan las aguas de las plataformas continentales o las áreas costeras, en virtud de que la mayor parte de los adultos habitan esas regiones. En los periodos de reproducción de adultos y periodo de eclosión de estas larvas, el plancton costero se ve enriquecido por un importante componente que son estos pequeños organismos meroplanctonicos (Gasca *et al.*, 1996, op.cit).

De otro lado se encontró una alta densidad de furcillas (estadío larval) de Eufáusidos en la época seca, situación que indica la influencia de masas de agua de origen oceánico dada la distribución de estos organismos, para lo cual y según Brinton (1996)[121], la mayoría de las especies de esta taxa son oceánicas y se encuentran principalmente en la zona epipelágica, realizan movimientos verticales en la columna de agua durante las horas nocturnas, siendo uno de los grupos más importantes en el océano, ya que constituyen un eslabón relevante en la trama alimentaria en sus niveles iníciales, al ser esencialmente herbívoros, y formar grandes densidades en altas latitudes y en algunas épocas del año llegando incluso a igualar en número y en biomasa a los copépodos.

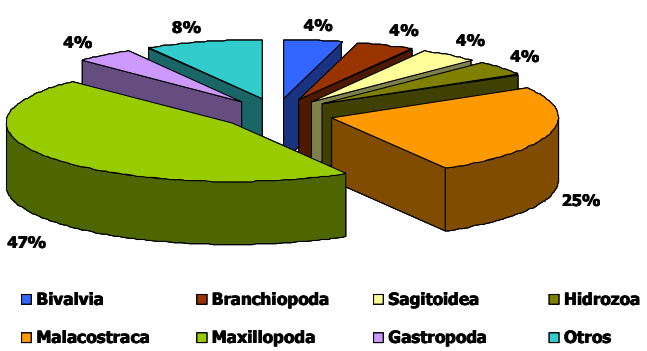
Otro aspecto importante fue la desaparición para la época de lluvias de la clase Bivalvia e Hidrozoa, organismos estos que en sus estadíos larvarios son planctónicos, registrando variaciones estacionales de abundancia según el ciclo reproductivo y las condiciones ambientales. Al respecto, la clase Hidrozoa se caracteriza por ser esencialmente carnívora pero en algunas ocasiones pueden alimentarse de bacterias, protozoos, fitoplancton, algas y material orgánico particulado. Debido a sus hábitos alimenticios se les considera un importante predador dentro de la red trófica. Igualmente, se reconocen como de hábitos pelágicos siendo su mejor desarrollo en aguas transparentes, por lo que es posible que el aumento en la turbidez del agua durante la época de lluvias, debido al incremento del caudal del Canal del Dique, contribuya a su desaparición en este periodo.

---

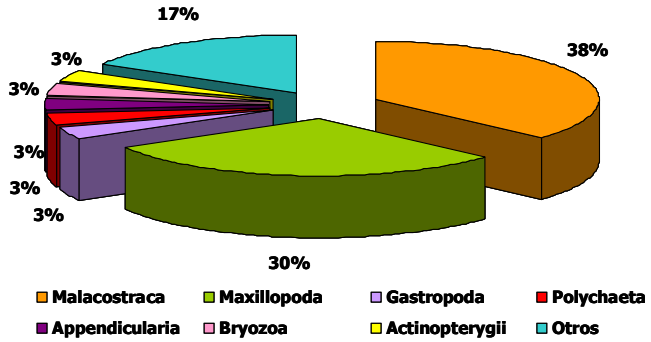
[120] MARTÍNEZ, N. 2007a. Evaluación de la estructura y composición de la fauna mesozooplanctónica en la bahía de Cartagena de marzo a noviembre de 2005. Tesis de grado de Bióloga. Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Atlántico. Barranquilla. 81 p.

[121] BRINTON, E. 1996. Euphausiacea IX, p. 297-341. en: R. GASCA y E. SUÁREZ-MORALES (eds.). Introducción al estudio del zooplancton marino. El Colegio de la Frontera Sur/CONACyT, México.

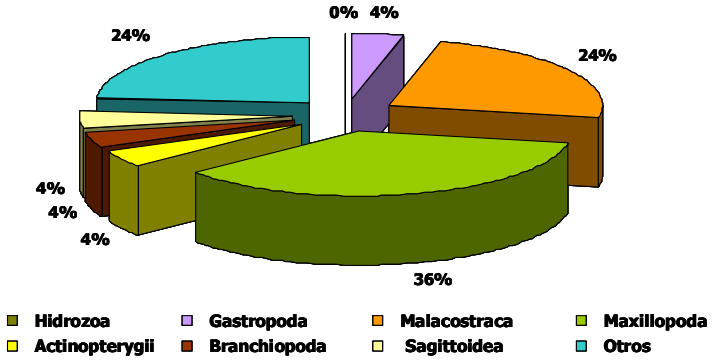
Figura 3-87 **Composición porcentual de los principales grupos zooplanctónicos en la zona industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena durante la época de transición (a) (agosto de 2007), lluvias (b) (noviembre de 2007) y seca (c) (marzo de 2008).**



TRANSICIÓN (a)



LLUVIAS (b)



SECA (c)

En relación con otros grupos propios del zooplancton, de la Bahía de Cartagena, George *et al.*, (1980)[122] reportaron abundancias relativas para los copépodos de 87,8% y larvas de decápodos con un 7,3%, siendo estos resultados semejantes en cuanto a la composición descrita en otros trabajos llevados a cabo con metodologías similares, conforme se registra en la Tabla 3-53 siguiente.

Tabla 3-53 Comparación de la composición de la comunidad zooplanctónica en zonas costeras y estuarinas del Caribe colombiano.

Localidad / Año	Grupo Dominante	Abundancia Relativa (%) (número de observaciones)	Época y año de muestreo	Autor
Bahía de Cartagena (1980)	Copépodos	79-93 (n=6)	Transición	George *et al.*, (1980)
Golfo de Salamanca (1999-2000)	Copépodos	72 (n=11)	Lluvias	Vanegas (2002)
Golfo de Salamanca (1999-2000)	Copépodos	82 (n=11)	Seca	Vanegas (2002)
Bahía de Cartagena (2002)	Copépodos	60-80 (n=12)	?	Rendon *et al.*, (2003)
Cienaga Grande de Santa Marta (2002)	Copépodos	98 (n=28)	Transición	León (2004c)
Cienaga de Tesca y zona Adyacente (julio 2003)	Copépodos	68 (n=10)	Transición	INVEMAR (2004c)
Providencia y Santa Catalina (octubre 2005)	Copépodos	75 (n=47)	Lluvias	Martínez (2007 b)
Bahía de Cartagena (agosto 2007)	Copépodos	71 (n=11)	Transición	**Presente Estudio**
Bahía de Cartagena (noviembre 2007)	Copépodos	82 (n=11)	Lluvias	**Presente Estudio**
Bahía de Cartagena (marzo 2008)	Copépodos	43 (n=11)	Seca	**Presente Estudio**

- *Densidad de la comunidad zooplanctónica*

La densidad poblacional registró variaciones a través de las estaciones en las tres épocas de muestreo, con valores que oscilan entre 27.232 a 740.565 Ind. 100 m^{-3}. Se observó una tendencia dinámica espacial en la distribución de la densidad en la bahía de Cartagena, asociada a la época climática. , Así, en la época de transición se registraron los mayores

[122] GEORGE, J.F.; F. HAWKINS y A. PINZÓN. 1980. Estudio ecológico del area de influencia de ECOPETROL sobre la Bahía de Cartagena. III. Una evaluación de los sitios de más posible impacto. Ministerio de Minas y Energía y Empresa Colombiana de Petróleos. 33p

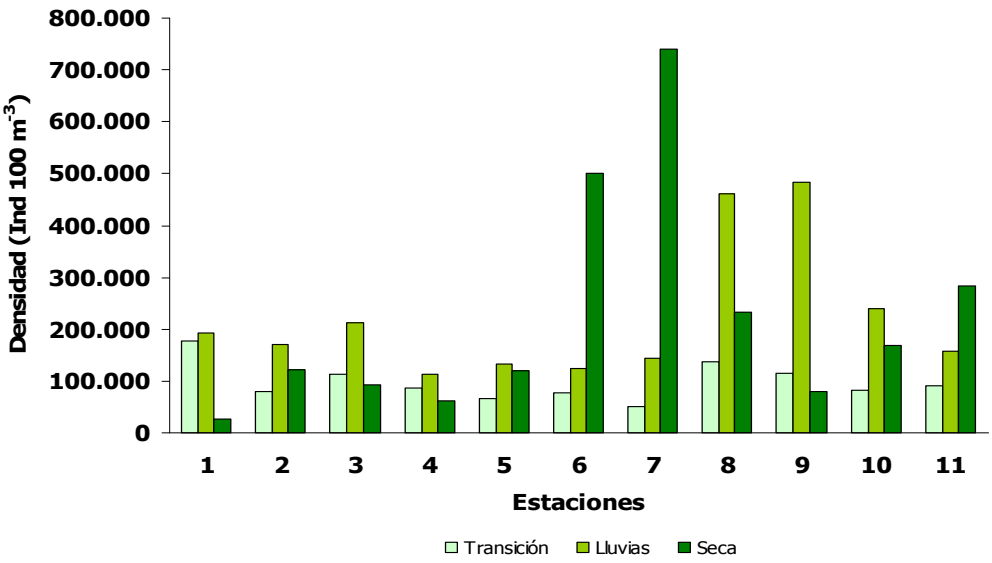
valores en las estaciones cercanas al continente, en la de lluvias las mayores densidades estuvieron asociadas a las estaciones cercanas al canal del dique y para la época seca, los mayores valores se registraron en la zona central del canal.

Esta situación puede deberse a las condiciones de cada una de las estaciones en términos de disponibilidad de alimento, concentración de nutrientes, salinidad, temperatura, etc, donde se destaca que habitualmente la presencia o ausencia de organismos zooplanctónicos se debe a la conjugación de múltiples factores como los procesos de mezcla mareal, las olas internas, las corrientes inducidas por el viento, las interacciones bénticas y las propias migraciones verticales "*diel* " efectuadas por el zooplancton (Legendre y Demers, 1984[123], Pinel-Alloul, 1995[124]).

Para la época de transición los valores de densidad zooplanctónica variaron entre 50.323 Ind 100 m^{-3} (E7) a 176.454 Ind, 100 m^{-3} (E1) con un promedio de 97.818 Ind. 100 m^{-3} (±35.711); para la época de lluvias, la abundancia de las comunidades estuvo entre 112.905 (E4) y 482.917 Ind. 100 m^{-3} (E9) (221.210, ± 129.813 Ind. 100 m^{-3}). De este, las mayores abundancias se ubican en las estaciones 9, 8 y 10, estando localizadas en la zona cercana al canal del Dique y cercanas al continente. A su vez, para la época seca la densidad se determino entre 740.565 Ind. 100 m^{-3} (E 7) y 27.232 Ind. 100 m^{-3} (E1), 221.007 Ind. 100 m^{-3}, (± 217. 728), licalizandose las mayores densidades en las estaciones de la zona central del área de estudio (Figura 3-88).

[123] LEGENDRE, L y S. DEMERS. 1984. Towards dynamic biological oceanography and limnology. Can J Fish Aquat Sci, 41: 2–19.
[124] PINEL-ALLOUL, B. 1995. Spatial heterogeneity as a multiscale characteristic of zooplankton community. Hydrobiologia, 300/301: 17–42.

Figura 3-88 **ensidad (Ind. 100 m^{-3}) de zooplancton en cada estación de muestreo en la zona industrial de Mamonal, bahía de Cartagena, en la época de transición (agosto de 2007), época de lluvia (noviembre de 2007) y la época seca (marzo de 2008)**



Las diferencias registradas en las densidades zooplanctónicas para las tres épocas climáticas, se deben al dinamismo de la zona en términos del patrón de circulación, la influencia del Canal del Dique con el aporte de agua dulce modificando las condiciones a la columna de agua y al efecto de los vientos alisios, que está determinado por la ZCIT.

Generalmente la época de transición se caracteriza por presentar condiciones climáticas con lluvias escasas y ausencia de vientos Alisios; sin embargo para la fecha que se realizó el muestreo propio de la época de transición de agosto de 2007, según el informe del IDEAM hubo un aumento considerable de las lluvias y se registró el paso continuo y persistente de ondas tropicales del Este sobre el Mar Caribe, lo cual incidió en el aumento del caudal en la parte baja de la cuenca del río Magdalena, haciendo que los niveles del caudal del Canal del Dique, registraran valores por encima de lo usual.

Bajo condiciones climáticas normales se espera que durante la época de noviembre el régimen de lluvias aumente haciendo que las descargas de agua de parte del Dique del río Magdalena se incrementen. Este evento sumado al debilitamiento de los vientos Alisios hace que el aporte de agua dulce al interior de la bahía sea mayor, por lo tanto las condiciones en el ecosistema se alteran en términos de un incremento en los nutrientes, contribuyendo de esta manera con condiciones favorables para afloramientos fitoplanctónicos que servirán a las comunidades zooplanctónicas.

La variabilidad en las comunidades zooplanctónicas en ambientes tropicales está generalmente asociada con cambios en la biomasa instantánea fitoplanctónica (Rios-Jara,

1998[125]), con el efecto combinado del régimen climático local (Yoshioka *et al.*, 1985[126], Rios-Jara, 1998, op. cit.) y con los patrones locales de movimientos de agua –régimen mareal- (Webber *et al.*, 1996[127]). Las fluctuaciones en la abundancia y biomasa del zooplancton están estrechamente relacionadas a patrones de lluvias, lo cual proporcionada una entrada de nutrientes debido al drenaje desde la tierra y un consecuente incremento en la productividad fitoplanctónica (Hopcroft y Roff, 1990, Webber *et al.*, 1992, op. cit). En consecuencia, la dirección e intensidad del viento asociada con aguas superficiales pueden explicar el gradiente en la abundancia y biomasa zooplanctónica en aguas costeras, cuerpos lagunares y estuarios

En la Figura 3-89 e observa que el mayor promedio se registró en la época de lluvias, aunque la época seca se haya registrado una mayor varianza debido que presentó la mayor densidad zooplanctónica. Luego de verificar los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, se realizó una ANOVA encontrándose diferencias significativas entre al menos dos épocas para los valores de abundancia (F=3,75, p=0,0353), para lo cual, las diferencias se registran entre la época seca y la época de transición (Tabla 3-54). De acuerdo a los resultados de los análisis estadísticos, las diferencias detectadas entre la época seca y lluvias no son significativas, siendo la época de transición la que marca la diferencia.

Tabla 3-54 esultado de la Prueba de Post-ANOVA para la abundancia en las tres épocas climáticas

EPOCA	n	Media	Grupos Homogéneos	
Transición	11	4,96588	X	
Lluvias	11	5,17116	XX	
Seca	11	5,29128	X	
CONTRASTE		**Diferencia**	**+/- Limites**	
Lluvias - Seca		0,120125	0,245534	
Lluvias - Transición		*0,325404	0,245534	
Secas - Transición		0,205279	0,245534	

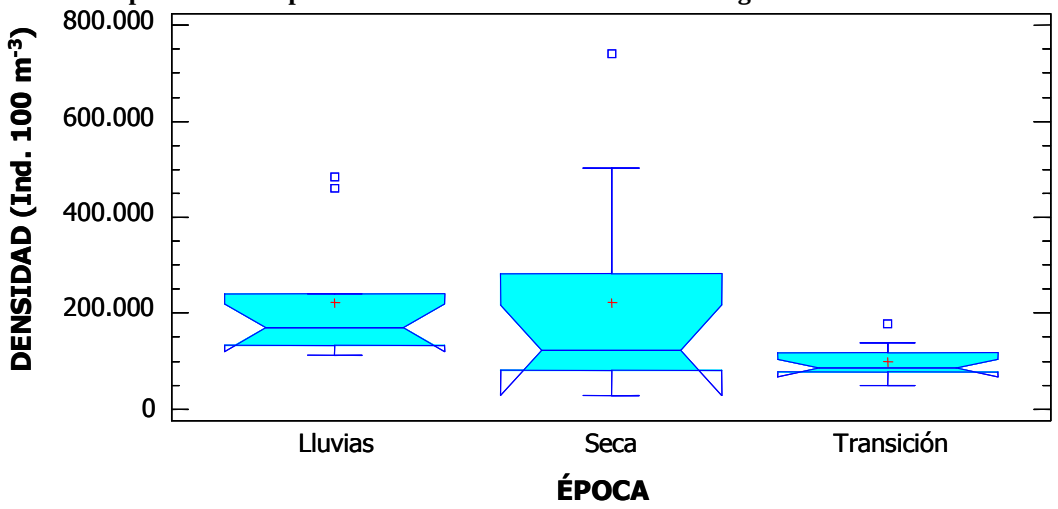
**Indica diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%*

[125] RIOS-JARA, E. 1998. Spatial and temporal variations in the zooplankton community of Phosphorescent bay, Puerto Rico. Estuar Coast Mar Sci, 46: 797–809.

[126] YOSHIOKA, P. M., G. P. OWEN y D. PESANTE. 1985. Spatial and temporal variations in Caribbean zooplankton near Puerto Rico. J Plankton Res, 7:733–751

[127] WEBBER, D. F., M. K. WEBBER y J. C. ROFF. 1992. Effects of floodwaters on the planktonic community of the Hellshire coast, southeast coast Jamaica. Biotropica, 24:362–374

Figura 3-89 squema comparativo de las medidas de posición y dispersión (basados en densidad) para las tres épocas de muestreo en la Bahía de Cartagena.



Al comparar los valores de densidad de la comunidad zooplanctónica en la bahía de Cartagena con estudios realizados en otros años, se encontró que fueron superiores a los reportados por la mayoría de los autores (Tabla 3-55), lo cual pudo deberse a unas condiciones locales favorables y al tipo de muestreo realizado (interfase agua-sedimento), destacándose el trabajo de Cañon *et al.*, (2005)[128], quienes reportan valores relativamente altos para las tres épocas climáticas en el año 2004c, encontrando una relación directa con el aumento de nutrientes y el aumento de densidades fitoplanctónicas.

Tabla 3-55 Cmparación de la densidad (Ind. m^{-3}) de la comunidad zooplanctónica en la Bahía de Cartagena y algunas zonas del Caribe colombiano.

Localidad / Año	Densidad (Ind m^{-3})	Época de Muestreo	Referencias
Bahía de Cartagena (1980)	85-1.233 (n=6)	Transición	George *et al.*, (1980)
Bahía de Santa Marta, Departamento de Magdalena (1989)	63-223 (n=17	Transición	Bernal y Zea (1993)
Bahía de Cartagena (2003)	6-24 (n=10)	Transición	INVEMAR (2004cc)
Ciénaga Grande de Santa Marta (2002)	286 -3.849 (n=28)	Transición	León (2004c)
Bahía de Cartagena (2004c)	287.979 (n=4)	Seca	Cañón *et al.*, (2005)
Bahía de Cartagena (2004c)	707.956 (n=4)	Transición	Cañón *et al.*, (2005)
Bahía de Cartagena (2004c	5'807.688 (n=4)	Lluvias	Cañón *et al.*, (2005)
Bahía de Cartagena (2005)	~180 (n=4)	Lluvias	Martínez (2007a)
Bahía de Cartagena (2005)	~1.800 (n=4)	Transición	Martínez (2007a)
Bahía de Cartagena (2005)	200-400 (n=4)	Seca	Martínez (2007a)
Providencia y Santa Catalina (2005)	1-10 (n=47)	Lluvias	Martínez (2007 b)
Bahía de Cartagena (2007)	503-1.765 (n=11)	Transición	**Este trabajo**
Bahía de Cartagena (2007)	1.129-4.829 (n=11)	Lluvias	**Este trabajo**
Bahía de Cartagena (2008)	272-7.406 (n=11)	Seca	**Este trabajo**

[128] CAÑON, L. M., T. VANEGAS., M. GAVILÁN., L. F. MORRIS y G. TOUS. 2005. Dinámica planctónica, microbiológica y fisicoquímica en cuatro muelles de la Bahía de Cartagena y buques de trafico internacional. Boletín Científico CIOH, 23: 46-59. Cartagena de Indias. Colombia

- *Análisis multivariado*

Los análisis de clasificación y ordenación (nMDS), en términos de abundancia y composición zooplanctónica revelan, excepto por las estaciones 1 y 4 de la época de transición, a un nivel del 60% de similaridad, una configuración espacial de tres grupos de estaciones (Figura 3-90 y Figura 3-91: I, II y III) que corresponden a las diferentes épocas de muestreo, transición, lluvias y seca, respectivamente. Conforme al análisis de clasificación y ordenación, se evidencia una variación temporal creándose tres grupos principales de acuerdo a las épocas de muestreo, y dentro de cada grupo se observa una similaridad superior al 70%.

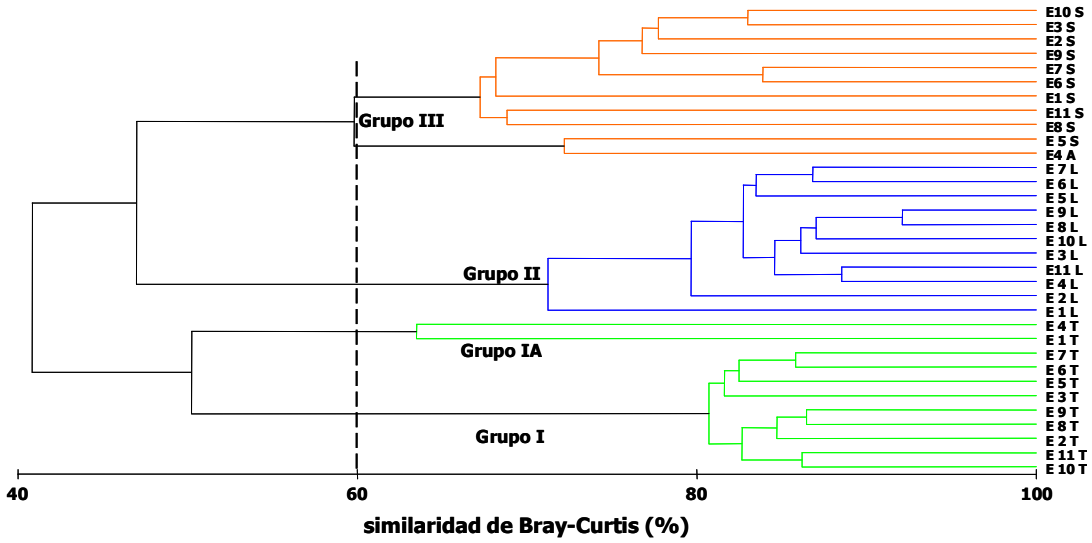
Al respecto de lo anotado, una de las principales características de los organismos zooplanctónicos es una distribución espacial de agregación en parches, esta ordenación espacial es el resultado de múltiples estrategias como evasión de predadores, migración vertical "*Diel*" y mecanismos físicos que pueden agregar el zooplancton al fitoplancton, esta última agregación puede ser un mecanismo de alimentación.

Sobre el particular, Franks y Jaffe (2001)[129] argumentan que la abundancia y la distribución de los recursos en ambientes pelágicos son heterogéneas sobre una amplia escala temporal y espacial, por lo que la distribución del fitoplancton tanto vertical como horizontalmente en capas es una muestra del tipo de heterogeneidad espacial, siendo así que las agregaciones o parches, representan localmente áreas de intensa actividad biológica, donde el tamaño y la distribución de estos parches tiene un impacto en la magnitud y la variabilidad de las tasas de consumo por parte del zooplancton (Menden-Deuer y Graünbaum, 2006)[130].

[129] FRANKS P. J y J. S. JAFFE. 2001. Microscale distributions of phytoplankton: initial results from a twodimensional imaging fluorometer, OSST. Mar Ecol Prog Ser 220: 59–72.

[130] MENDEN-DEUER, S. y D. GRAÜNBAUM. 2006. Individual foraging behaviors and population distributions of a planktonic predator aggregating to phytoplankton thin layers. Limnol. Oceanogr., 51(1): 109–116.

Figura 3-90 **Análisis de clasificación mediante el índice de similaridad de Bray-Curtis del componente biológico (Abundancia) en cada una de las estaciones de muestreo para la época de transición, lluvias y seca en la zona Industrial de Mamonal, bahía de Cartagena**



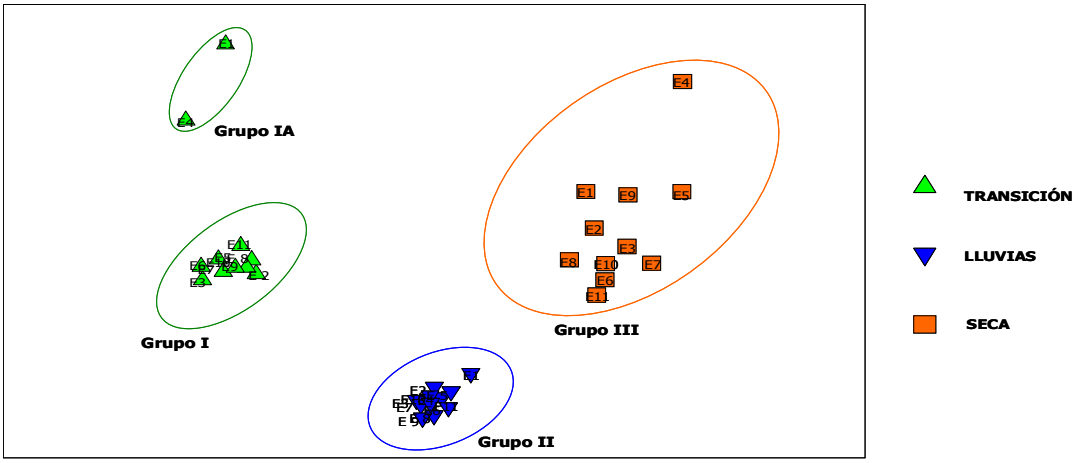
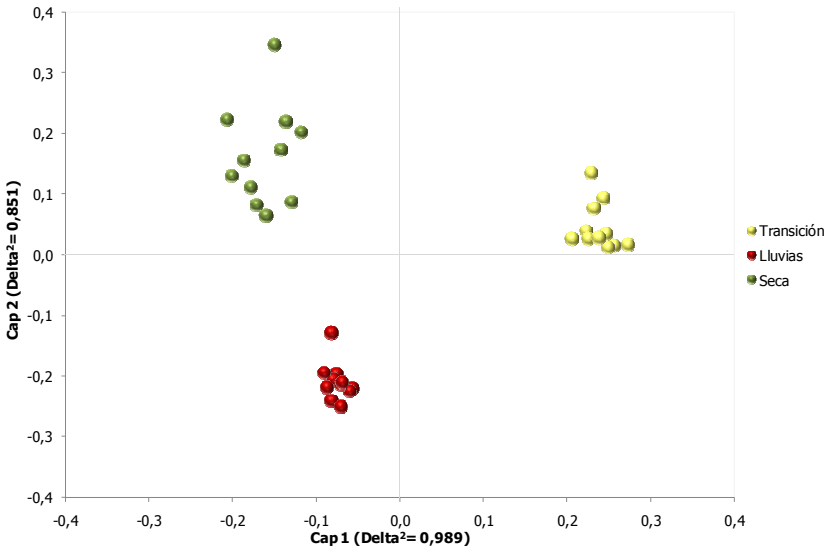


Figura 3-91 **Resultados del análisis de ordenación, mediante la técnica de escalamiento multidimensional no paramétrico (nMDS), combinado con el análisis de clasificación. Los grupos encerrados corresponden a los grupos formados en el dendrograma. Nivel de estrés = 0,07 (9.999 reiteraciones).**

Los resultados del Análisis Canónico de Coordenadas Principales Discriminantes (CAP), confirman que las diferencias detectadas entre épocas en términos de composición y abundancia son significativas (tr(Q_m'HQ_m)= 1,88 P=0,0002), para lo cual se detectó un gradiente temporal en la ordenación en el cual en uno de los ejes (Cap 1) se explica el 98,9

% de la variación en términos de la hipótesis de trabajo (Figura 3-92), es decir que se presentaron diferencias entre las épocas de muestreo en términos de composición y abundancia, adicionalmente la validación cruzada indicó que todas las observaciones se reclasifican de manera correcta al interior de cada grupo.

Figura 3-92 **Análisis Canónico de Coordenadas Principales entre estaciones para el monitoreo realizado en la zona industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena. 4.999 permutaciones.**



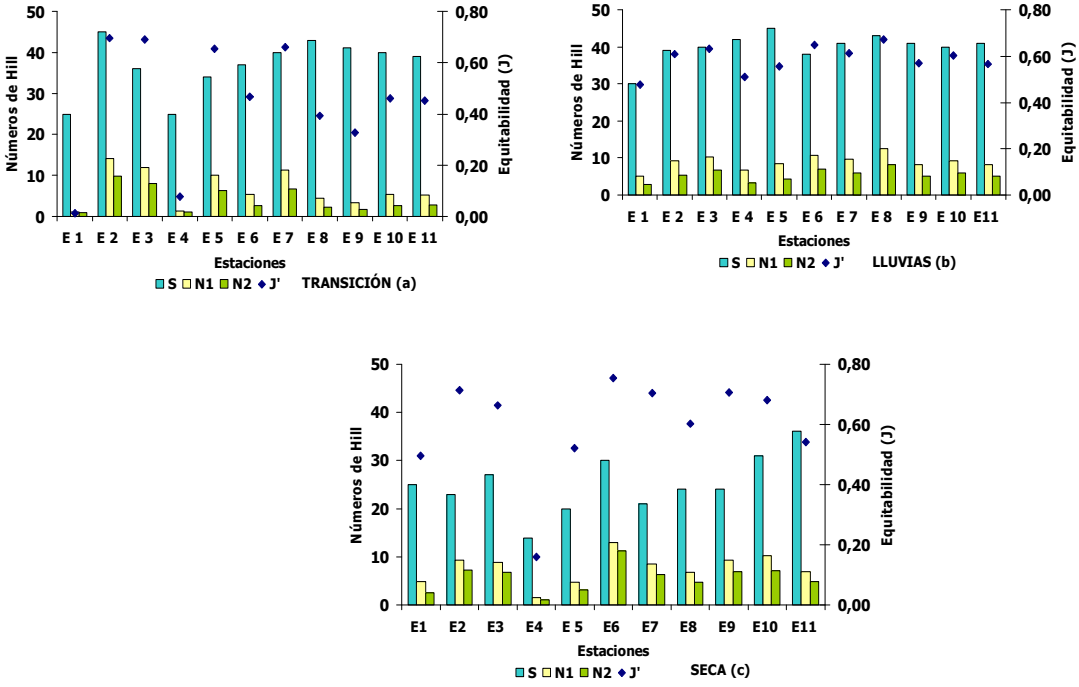
- *Índices Ecológicos*

Los índices ecológicos aplicados, muestran que hubo variaciones a través de las estaciones. Particularmente para la riqueza, se encontró que los mayores valores de riqueza estuvieron asociados a la época de transición y lluvias (S=45) mientras que los más bajos se registraron en la época seca (S=14). Sin embargo y aucnuando no se encontró un patrón de distribución espacial marcado, las mayores riquezas estuvieron asociadas a las estaciones cercanas al borde de plaua, a excepción de la E6 en la época seca. que presentó un valor de riqueza de familias de 30.

De manera particular, para la época de transición las estaciones más cercanas al continente (E 1 y 4) correspondieron a las menos diversas, debido a que poseen una baja riqueza de familias (s) en comparación con las otras estaciones, particularmente las ubicadas en la zona sur del área de estudio. Dichas estaciones registraron bajos valores en el índice de equitatividad, indicando una alta heterogeneidad en la distribución de las abundancias entre las familias, como en el caso de la estación 1, en la que se encontró que la familia Acartiidae prácticamente dominó la comunidad (Figura 3-93). Por su parte, en las estaciones ubicadas en la zona norte y centro (E2, 3, 5 y 7) se registran los mayores valores de equitatividad (J'), lo cual sugiere una distribución homogénea de la abundancia en las

estaciones ubicadas en la zona central y sur (E6, E8, 9 10 y 11) cuyos valores de equitabilidad fueron bajos.

Figura 3-93 **Comparación de las estaciones de muestreo en términos del índice de equitatividad de Pielou (J´), la riqueza (S) y las familias abundantes (N1) y muy abundantes (N2) para la época de transición (a), lluvias (b) y seca (c) en la zona industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena.**



Enla época de lluvias no se observó una variación alta en los valores de riqueza a través de las estaciones, registrándose un comportamiento relativamente homogéneo, con valores de 30 a 45 (S). En esta se encontró que las estaciones 1 y 6 fueron las que menor riqueza de familias aportaron, contrastando con las estaciones 5 y 8, siendo no obstante estos valores más altos que los obtenidos en la época de transición. En cuanto a la equitabilidad se detectan, al igual que para la época de transición, que las estaciones 1 y 4 registran los menores valores en comparación con las demás estaciones, lo cual indica que en éstas existe una alta dominancia por parte de algunas familias zooplanctónicas, particularmente Acartiidae.

Esta situación puede ser debida a la baja profundidad de estas estaciones (arrastres realizados a < 4m), en comparación con las otras (arrastres realizados en promedio a 15 m ± 5), lo cual no permite la formación de gradientes espaciales a nivel vertical, sino que se registran condiciones abióticas similares en la columna de agua favoreciendo el desarrollo

de ciertas poblaciones. Otra razón es el alto aporte de nutrientes (Ver capitulo de aguas) y por lo tanto una intensa actividad fitoplanctónica que favorece un gran desarrollo de formas zooplanctónicas particulares.

La riqueza en la época seca fue más baja comparada con las demás épocas monitoreadas, encontrándose que las estaciones cercanas al continente presentaron los más altos valores de riqueza, comparados con las estaciones del centro del canal (E6) y hacía la zona sur (E10 y 11). Respecto a la equitabilidad, se encontró que para las estaciones más someras y cercanas al continente reportaron los menores valores esto indicó una alta heterogeneidad para dicha zona., contrastando con las estaciones de la zona central que presentaron los más altos valores de equitabilidad y por lo tanto baja heterogeneidad.

Al comparar el comportamiento de los índices en las tres épocas climáticas, se identificó que la época seca presentó valores relativamente bajos de riqueza de familias y valores relativamente altos de equitabilidad; caso contrario se presentó en las épocas de lluvias y transición, donde se encontraron valores relativamente altos de riqueza y relativamente bajos de equitabilidad.

Estos resultados indican que estos atributos fueron similares en transición y lluvias, dado que el promedio de riqueza para estos fue de 37 y 40 respectivamente, marcándose una diferencia con la época seca que presentó un promedio de 25 familias, sugiriendo que las condiciones climáticas para transición y lluvias fueron similares, hecho que se puede comprobar con los valores de los nutrientes que registraron valores altos para dichas épocas en comparación al muestreo de marzo (Ver capitulo de aguas).

Las diferencias en diversidad y riqueza entre las estaciones están asociadas a múltiples factores físicos, químicos y biológicos tales como el patrón de corrientes, la concentración de nutrientes orgánicos e inorgánicos y los patrones de distribución de células fitoplanctónicas entre otros. De igual forma, un factor externo que está influyendo directamente en el desarrollo de las comunidades zooplanctónicas y por lo tanto en los valores de los índices ecológicos, es el sistema de circulación de la zona, debido que en la época seca el predominio de las corrientes es de tipo oceánico, producto de lo cual, las familias que predominaron fueron Furcillas de Eufausidae, que como se anotó, son características de estos ambientes.

En cuanto a la diversidad, para la época de transición se presentó menores valores y una mayor fluctuación en comparación con la época de lluvias; sin embargo, en la estación 2 se observó la mayor diversidad (3,83 bites), mientras que para la época de lluvias se obtuvo un valor de 3,65 bites en la estación 8 (Figura 3-94). Para la época seca los valores no presentaron mayores fluctuaciones, a excepción de la estación 4 (0,61 bites), lo cual coincide con el bajo valor que se reporta para la misma estación en la época de transición. Esta íltima, en términos generales fue la que presentó tanto los mayores y menores valores de diversidad, en comparación con las otras dos épocas climáticas muestreadas.

Las fluctuaciones de la diversidad encontradas responden a los cambios a nivel de composición, y a la contribución de las familias dentro de cada estación. Comparando entre las tres épocas (transición, lluvias y seca), se evidencian contrastes en los valores de diversidad, que bien pudieron ser respuesta a las fluctuaciones de población como el caso de los copépodos y las larvas de decápodos a las mismas fluctuaciones climáticas, ó al resultado de alguna modificación en el ecosistema, como es el caso de las Furcillas de Eufáusidos en la época seca y el incremento y desarrollo de la familia Acartiidae en las otras dos épocas, pudo ser indicativo de un evento de sucesión. Dado que los valores de diversidad no cumplieron con el supuesto de distribución estadística normal, se aplicó una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, encontrando que las diferencias entre las épocas climáticas para los valores de diversidad no son estadísticamente significativas (t=0,15, p=0,93) (Figura 3-94).

Figura 3-94 **Valoración de la diversidad empleando el Índice de Shannon (H') en las estaciones de muestreo durante la época de transición (Agosto de 2007), la época de lluvia (Noviembre de 2007) y la época seca (Marzo de 2008) en la zona industrial de Mamonal, bahía de Cartagena.**

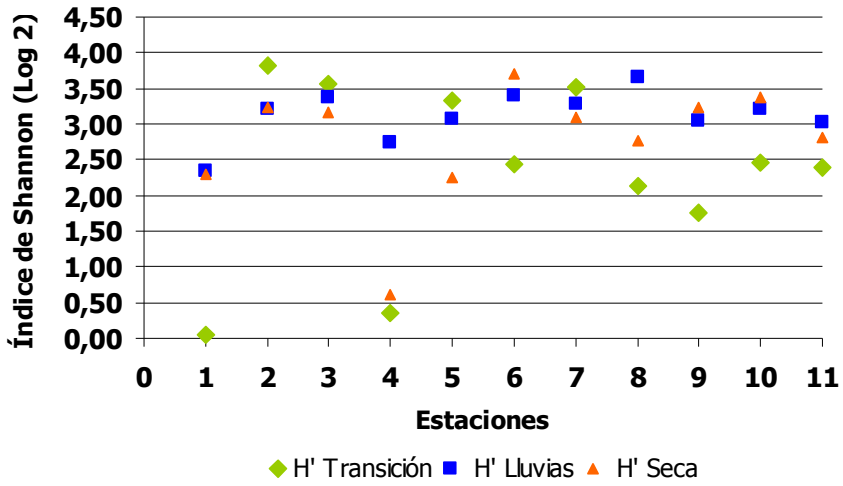
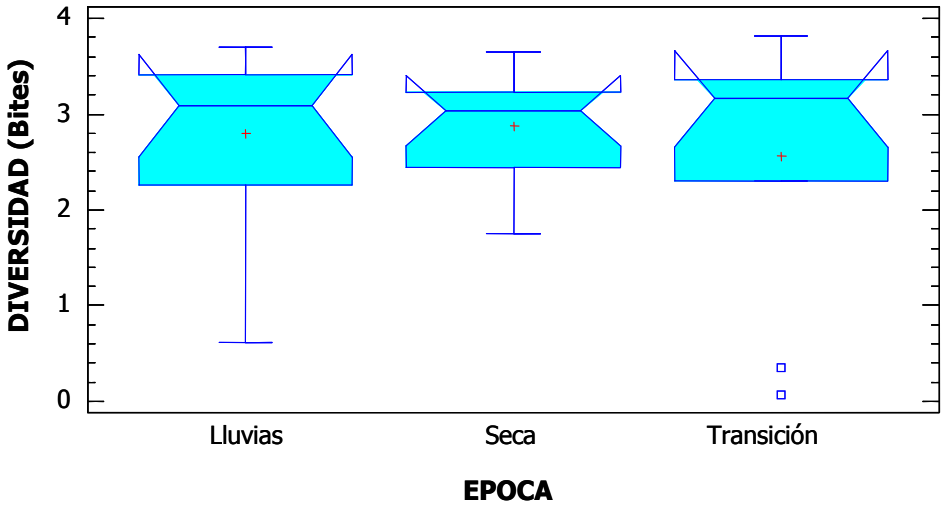


Figura 3-95 **Esquema comparativo de las medidas de posición y dispersión (basados en Diversidad) para las tres épocas de muestreo en la zona Industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena.**



Vale destacar de las figuras, anteriores, que los valores de equitabilidad y la riqueza no presentan una distribución estadística normal de los datos, según la prueba de Kruskal-Wallis, de manera que las diferencias detectadas no son significativas tanto para la equitabilidad (t=0,10, p=0,95) conforme se registra en laFigura 3-96 y mas particularmente, para la riqueza (t= 1,12, p= 0,57) entre las tres épocas de muestreo (Figura 3-97).

En términos ecológicos estos resultados sugieren que la comunidad no presentó un cambio en términos diversidad y equitabilidad entre épocas climáticas, sin embargo las diferencias espaciales detectadas en cada una de las épocas climáticas son grandes y están asociadas a la época climática muestreada, por lo tanto las varianzas también lo son de manera que se enmascaran las diferencias entre épocas climáticas.

Figura 3-96 **Esquema comparativo de las medidas de posición y dispersión (basados en Equitabilidad) para las tres épocas de muestreo en la zona Industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena.**

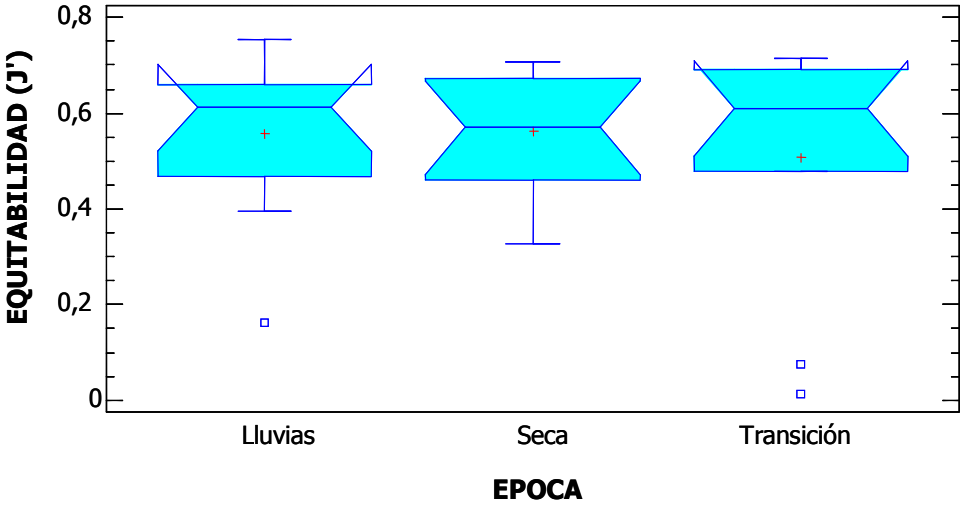
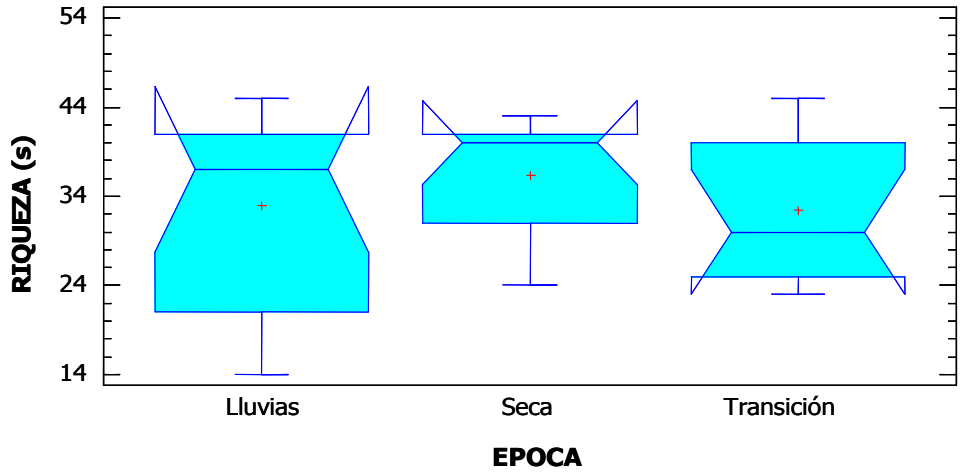


Figura 3-97 **Esquema comparativo de las medidas de posición y dispersión (basados en Riqueza) para las tres épocas de muestreo en la zona Industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena.**



Al comparar los valores de riqueza con otras zonas del Caribe colombiano, se observa que estos están dentro de las medidas para la zona (Tabla 3-56) y auncuando no se han realizado muchos estudios a nivel de familia en ambientes estuarinos en el Caribe colombiano, los resultados obtenidos indican que las comunidades zooplanctonicas presentes en la Bahía, arrojan uno de los valores más altos reportados para el Caribe en términos de riqueza de familias; que se intuye es el resultado del diseño de muestreo empleado en esta investigación (arrastres oblícuos y el monitoreo de tres épocas climáticas con 11 estaciones en cada una de ellas).

Tabla 3-56 Número total de familias de comunidades zooplanctónicas reportadas en la costa Caribe colombiana.

Localidad	Periodo de muestreo	Tipo de Arrastre	Número total de familias registradas (número de observaciones)	Autor
Área de influencia plataforma Chuchupa B, Departamento de Guajira.	1995	Superficial	32 (n=4)	INVEMAR (1995)
Área de influencia plataforma Chuchupa B, Departamento de Guajira (n=6).	Agosto de 2004c	Superficial	27 (n=6)	INVEMAR (2004cb)
Área de influencia plataforma Chuchupa B, Departamento de Guajira (n=18).	Marzo-Abril y Septiembre de 2006	Superficial	48 (n=18)	Solano *et al.*, (2007a)
Archipiélago de San Andrés y Providencia (n=47)	Octubre-Noviembre de 2005	Superficial	52 (n=47)	Martínez (2007b)
Ciénaga Grande de Santa Marta (n=28)	Agosto 2001-Mayo 2002	Superficial	22 (n=28)	León (2004c)
Bahía de Cartagena (n=11)	Agosto de 2007	Oblicuo	43 (n=11)	**Presente Estudio**
Bahía de Cartagena (n=11)	Noviembre de 2007	Oblicuo	45 (n=11)	**Presente Estudio**
Bahía de Cartagena (n=11)	Marzo de 2008	Oblicuo	36 (n=11)	**Presente Estudio**

- *Familias más Abundantes*

Respecto a la composición por familias, se encontró que en las tres épocas climáticas la familia más representativa fue Acartiidae, con una abundancia relativa para transición del 61%, para lluvias del 26% y para la época seca de 19%, lo cual da un resultado similar en términos de dominancia con respecto a lo reportado por INVEMAR (2004cc, op.cit), con valores de abundancia relativa de 80% en época seca y de 38% en transición. De manera similar León (2004c) para la ciénaga Grande de Santa Marta reportó valores de abundancia relativa de 98%.

Vale destacar que esta familia es dominante en ambientes estuarinos y su población está modulada por las cambios en los regimenes de salinidad.

A pesar que en la época seca la abundancia relativa de la familia Acartiidae disminuyó considerablemente respecto a las otras dos épocas climáticas, continuó siendo la familia más dominante. Esta disminución fue ocasionada por la influencia de las corrientes oceánicas que predominan en el área en dicha época, como se observa claramente en las estaciones 1 y 4, donde la dominancia fue clara en las tres épocas; adicionalmente estas estaciones son afectadas en menor medida por el sistema de circulación der la Bahía, debido que se encuentran cercanas al continente y en zonas relativamente protegidas.

Al graficar las ocho familias más abundantes se encontró para la época de transición que la familia más abúndante fue Acartiidae, seguida de la familia Sagitiidae, Plaeurobrachiidae y Diphydiidae. Debido al patrón de composición anteriormente mencionado se puede determinar que para la época de muestreo de transición, se presentoun crecimiento masivo ("*bloom*") de la familia Acartiidae, particularmente en la estación 1.

Esta familia que pertenece a la clase Copépoda, es una de las más abundantes y ha colonizado muchos ambientes, habitualmente es cosmopolita y se encuentra tanto en ambientes marinos como estuarinos (Boxshall y Halsey, 2004c), para lo cual se destaca que dentro del zooplancton marino y estuarino, los copépodos son los organismos más abundantes y se reconoce que ocupan una posición primaria en la transferencia de energía en los océanos. La gran mayoría pertenece al orden Calanoidea, y su distribución queda regulada por factores físicos como la temperatura, la salinidad y el contenido de Oxígeno en el agua (Gasca *et al.*, 1996, op. cit).

Al igual que para la transición, en la época de lluvias, la familia Acartiidae sigue siendo la más dominante, seguida de Aeitidae (21,8 %), Centropagidae (13 %), Temoridae (9,1%), Saggitidae (4,2%), Coricaenidae (3,9%), Clausocalanidae (3,7%) y zoea de Portunidae (2,9%).

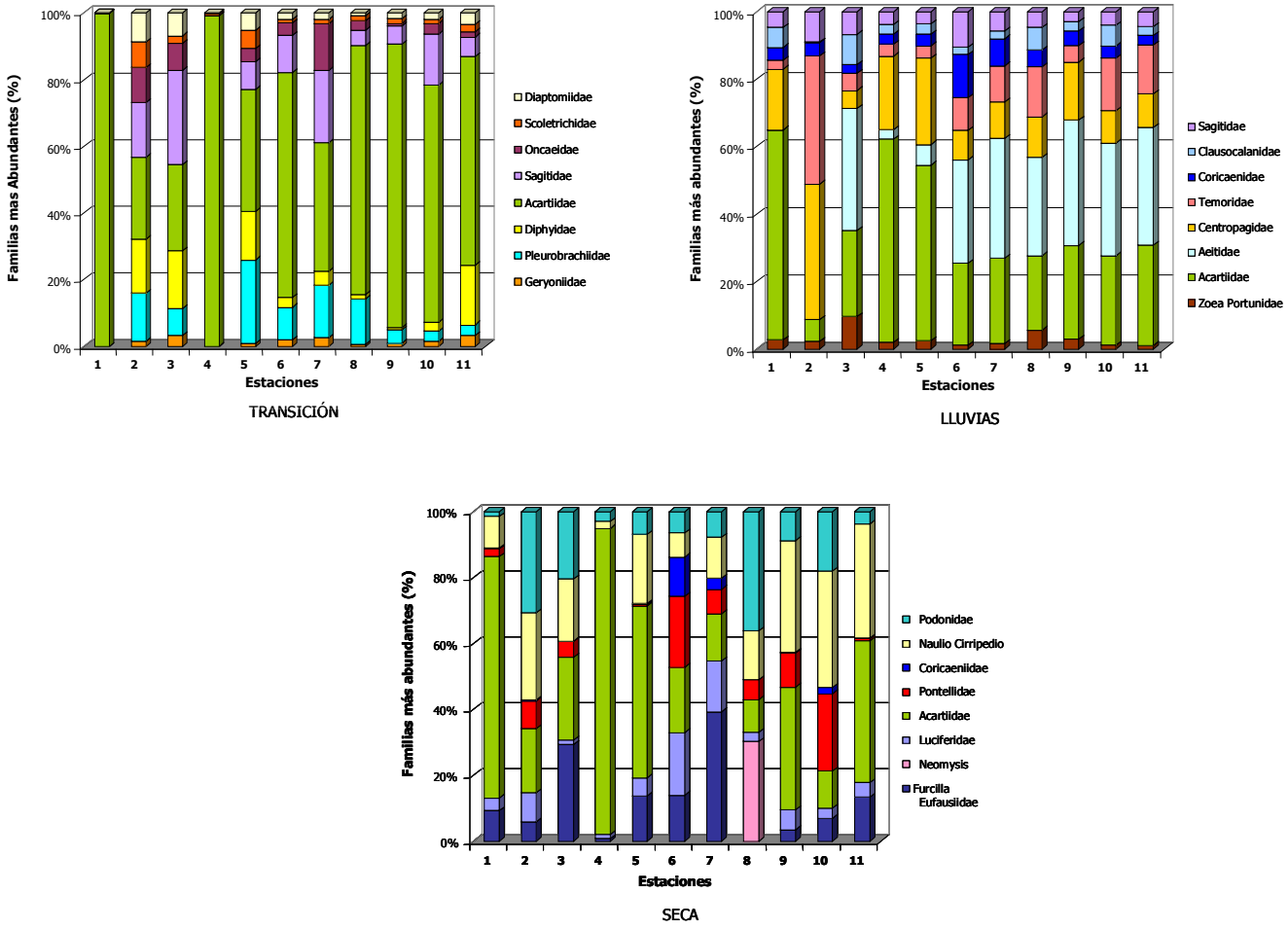
Las familias Acartiidae, Centropagidae y Temoriiidae, se presentan de manera abundante y frecuente en las aguas superficiales o cercanas a plataformas. Son habitantes de aguas templadas y tropicales (Mauchline, 1998) y Particularmente la familia Acartiidae dentro de la clase Copépoda es una de las más abundantes y ha colonizado muchos ambientes. Por su parte, la familia Centropagidae es a menudo abundante en la comunidad planctónica epipelágica, especialmente en aguas costeras, además de que está ampliamente adaptada a fuertes cambios salinos. Finalmente, la familia Temoriidae contiene organismos abundantes de la comunidad zooplanctónica en aguas costeras, estuarinas y agua dulce.

Al comparar este patrón de composición con los resultados en la época seca, se encontró que la familia Acartiidae sigue siendo la dominante; sin embargo, aparecen nuevas familias que en las otras dos épocas que no se habían registrado como es el caso de las Furcillas de Eufausidae, Coricaenidae y los Nauplios de Cirripedio (Figura 3-98). Adicionalmente se encontró un mayor número de familias de copépodos como Pontellidae y Cricaenidae.

Un resultado similar reportan Kibirige y Perisinotto (2003)[131] en un estuario en Sur África, donde las especies dominantes pertenecían a la familia Acartiidae, donde se registra igualmente que una estructura comunitaria del zooplancton similar se reporta en muchos estuarios del mundo.

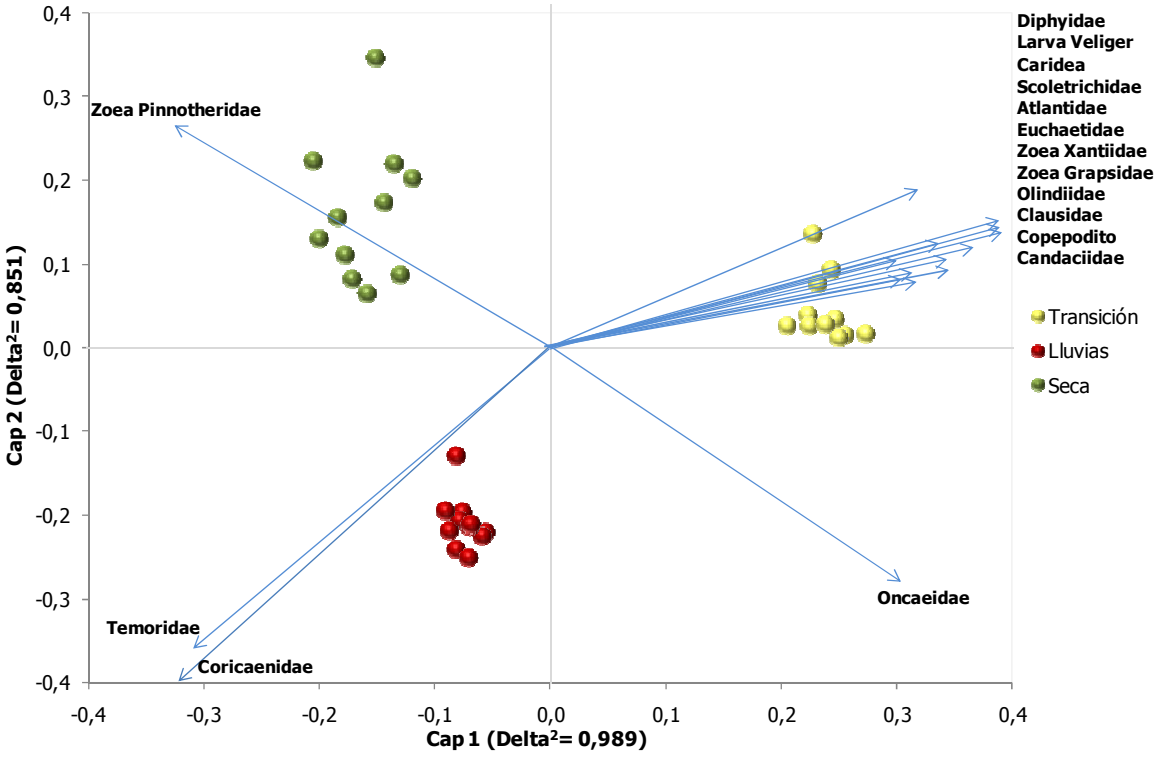
[131] KIBIRIGE, I y R. PERISSINOTTO. 2003. The zooplankton community of the Mpenjati Estuary, a South African temporarily open/closed system. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 58: 727–741.

Figura 3-98 **Esquema comparativo de los porcentajes de abundancia de las familias más representativas en las estaciones de muestreo en la zona industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena, durante la época de transición (a-agosto de 2007), lluvias (noviembre de 2007) y la época seca (c) (marzo de 2008).**



Para visualizar la importancia de las familias sobre el patrón de ordenación se realizó un gráfico combinando del patrón de ordenación con las familias con coeficientes de correlación por encima de |0,7| con eje que explica el 98,9 % de la variación en términos de la hipótesis de trabajo. Cada familia está representada en la figura con un vector que indica la dirección e intensidad de ésta en la ordenación a nivel de composición y abundancia (Figura 3-98).

Figura 3-99 **Gráfico combinado de las correlaciones de la familia con la ordenación CAP, realizado entre estaciones para el monitoreo realizado en la zona industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena. 4.999 permutaciones.**



De acuerdo a los resultados, las familias Diphyidae, Larva Veliger, Caridea, Scoletrichidae, Atlantidae, Euchaetidae, Zoea Xantiidae, Zoea Grapsidae, Olindiidae, Candaciidae, Clausidae y Copepodito se correlacionan con la época de transición, dichas familias no se registraron en la época de lluvias. Para la época seca las familias Diphyidae, Atlantidae, Euchaetidae presentaron promedios de abundancia relativamente bajos en comparación con transición, de acuerdo a estos resultados las diferencias en la comunidad en la época de transición respecto a lluvias y a seca se deben a la composición de la comunidad zooplanctónica. La familia Zoea Pinnotheridae presentó valores promedio de 1.019 Ind. 100 m^{-3} para la época seca, contrastando con lo registrado en la época de lluvias (67 Ind. 100 m^{-3}), para la época de transición esta familia no se registró.

De manera general estos resultados indican que las diferencias a nivel temporal en las épocas climáticas estudiadas de deben tanto a la composición como a la abundancia. Una de las razones por la cual la abundancia de las comunidades zooplanctónicas varía en el espacio y en el tiempo es debido a su alta heterogeneidad espacial y temporal. Según Avois-Jacquet *et al.*, (2002), las comunidades zooplanctónicas tienden a tener una

distribución en parches, y se encuentran moduladas por el ambiente, y las condiciones favorables que este le ofrece en términos de nutrientes y clorofila-a.

- *Biomasa de la Comunidad*

Conforme los resultados analizados, se encontró que la biomasa volumétrica presentó variaciones marcadas a través de las estaciones en las tres épocas climáticas. Así y de manera general, los menores valores se registraron en la zona norte del área de estudio (E3-E5), mientras que las mayores variaciones junto con los mayores valores se registraron en la zona central y sur de la bahía (E6-E11).

Para la época de transición, los valores de biomasa volumétrica presentaron un promedio de 0,19 ml m^{-3} (±0,10 ml m^{-3}), para la época de Lluvia, el promedio fue de 0,24 ml m^{-3} (±0,10 ml l^{-3}), y en la época seca el promedio fue de 0,16 ml m^{-3} (±0,12 ml m^{-3}), siendo importante destacar que en las tres épocas climáticas se presentan variaciones espaciales asociadas a la ubicación de las estaciones (Figura 3-100).

Los valores de biomasa volumétrica no se ajustaron a una distribución normal, por lo que se aplicó una prueba no paramétrica de kruskal-Wallis para evaluar las diferencias entre las épocas de muestreo (transición, lluvias y seca). Los resultados mostraron que no hay diferencias significativas entre épocas de muestreo (t= 4,23, p= 0,12), mas sin embargo, en laFigura 3-101, se observa que un mayor promedio en la época de lluvias y una mayor varianza en época seca.

Figura 3-100 **Valores de la biomasa volumétrica (ml m^{-3}) para la zona industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena durante Agosto de 2007 (transición), Noviembre de 2007 (lluvias) y Marzo de 2008 (seca).**

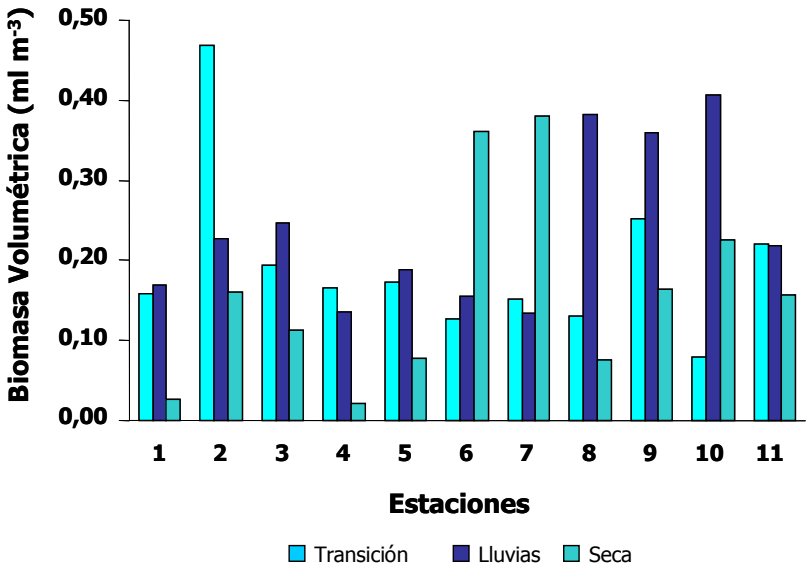
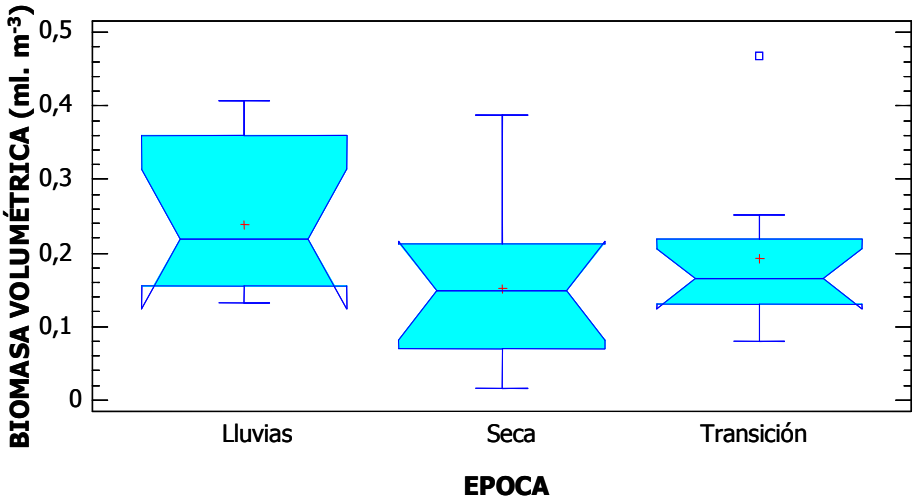


Figura 3-101 **Esquema comparativo de las medidas de posición y dispersión (basados en biomasa volumétrica) para las tres épocas de muestreo en la zona industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena.**



En el caso de la biomasa volumétrica, los valores obtenidos fueron relativamente bajos si se comparan con estudios en la misma zona y con otras localidades del Caribe colombiano (Tabla 3-57).

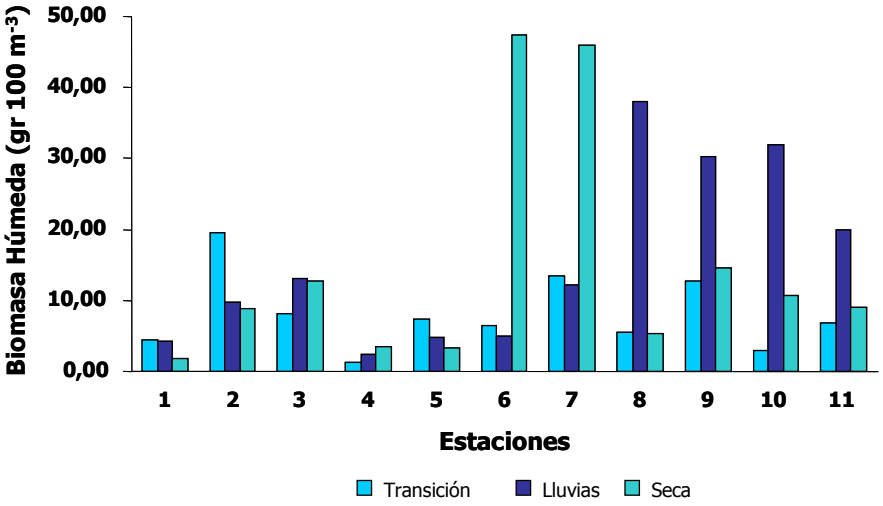
Tabla 3-57 **Comparación de los valores de biomasa volumétrica en la Bahía de Cartagena, Cienaga de Tesca y el Caribe colombiano**

Localidad	Biomasa Volumétrica (ml m^{-3})	Referencias
Cienaga de Tesca (Julio)	0,0127—1,7439	INVEMAR (2004cc)
Sector "Plataforma de Chuchupa B", departamento de La Guajira	0,078 a 2,6	Franco-Herrera y Londoño-Lara (2000)
Sector "plataforma de Chuchupa B" , Departamento de La Guajira,	0,33 a 2,01	Solano *et al.* (2007a)
Bahía de Cartagena (Agosto de 2007)	0,08-0,47	**Presente Estudio**
Bahía de Cartagena (Noviembre)	0,13-0,41	**Presente Estudio**
Bahía de Cartagena (Marzo)	0,03-0,38	**Presente Estudio**

Al igual que la biomasa volumétrica, la biomasa húmeda registró amplias variaciones en las estaciones a en las tres épocas climáticas. Para la época de transición, los valores de biomasa húmeda presentaron un promedio de 8,05 gr. 100 m^{-3} (±5,26). Para la época de lluvias, el promedio fue de 15,60 gr. 100 m^{-3} (±12,62) y en la época seca el promedio fue de 14,86 gr. 100 m^{-3} (±16,21). Los mayores valores se registraron en las estaciones de la zona central y sur de la bahía, y los menores valores se asociaron a las estaciones someras y

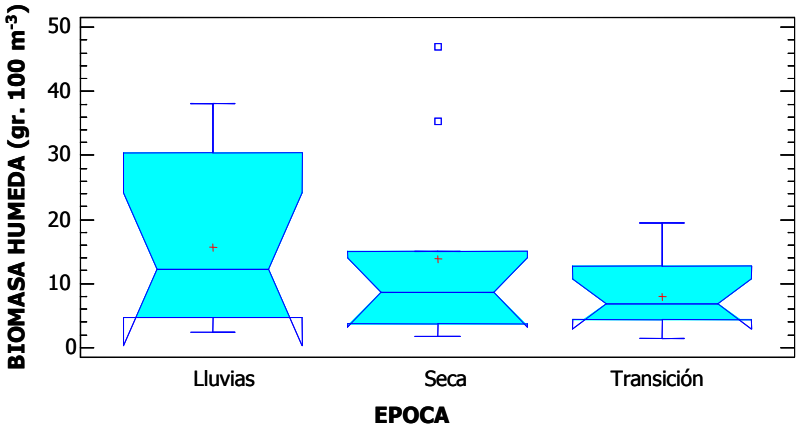
cercanas al continente. Respecto a las diferencias entre las épocas climáticas se registraron los menores valores en la época de transición. Los valores de la desviación estándar en la época de lluvias y seca indican que hubo una amplia variación en los valores entre las estaciones.

Figura 3-102 **Valores de la biomasa Húmeda (gr.100 m^{-3}) para la zona industrial de Mamonal, bahía de Cartagena durante Agosto de 2007 (transición), Noviembre de 2007 (lluvias) y Marzo de 2008 (seca).**



Se detectó que los valores de biomasa húmeda cumplen con los supuestos de normalidad y de homogeneidad de varianza. El ANOVA revela que las diferencias detectadas entre las épocas de muestreo (transición, lluvias y seca) no son significativas (F= 1,27, p= 0,29). En la Figura 3-103 se observa que los mayores promedios, mediana y varianza se registraron en la época de lluvias.

Figura 3-103 Esquema comparativo de las medidas de posición y dispersión (basados en biomasa húmeda) para las tres épocas de muestreo en la zona industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena.



Al comparar los valores de biomasa húmeda encontrados para las tres épocas climáticas, con reportes para el mar Caribe, específicamente México, se tiene que estos valores son relativamente altos, esta situación fue en parte el resultado del tipo de muestreo realizado, al tipo de malla utilizada y la las condiciones locales de la zona, dado que los ambientes estuarinos se caracterizan por presentar una alta productividad (Tabla 3-58).

Tabla 3-58 Biomasa Húmeda Zooplanctónica en algunas localidades del Mar Caribe.

Localidad	Ambiente	Biomasa Húmeda (g. 100 m^{-3})	Referencias
Sur Plataforma de Cuba	Plataforma	5-20	De la Cruz (1967)
Zona sur oriental Golfo de México	Plataforma (0-100m)	20-100	Dé la Cruz (1972)
Sur Oriente Golfo de México	Oceánico y plataforma	10-150	Flores-Coto *et al.*, (1988)
Costa Caribe Mexicano	Costero	0,1-2,5	Gasca y Castellanos (1993)
Bahía ascensión y Bahía Chetumal-Mar caribe Mexicano	Bahía	0,043-0,21	Gasca *et al.*, (1994)
Península de Yucatán- Caribe Mexicano	Costero	2,0-12,5	Suarez y Gasca (1994)
Bahía de Cartagena (Agosto de 2007)	Bahía	1,38-19,50	**Presente Estudio**
Bahía de Cartagena (Noviembre)	Bahía	2,43-38,05	**Presente Estudio**
Bahía de Cartagena (Marzo)	Bahía	1,9-47,3	**Presente Estudio**

Por su parte, la biomasa seca se caracterizó por ofrecer una amplia variación en las estaciones en las tres épocas climaticas, donde los menores valores se registraron en las estaciones de la zona norte (E1-E5); caso contrario a lo que sucedió en la zona central y sur del área de estudio (E6-E11). Para la época de transición, los valores de biomasa seca

presentaron un promedio de 0,77 gr. 100 m^{-3} (±0,35), para la época de lluvias el promedio fue de 1,60 gr. 100 m^{-3} (±1,04) y en la época seca el promedio fue de 1,99 gr. 100 m^{-3} (±2,24).

Los valores de la desviación estándar en la época seca indican que hubo una amplia variación en los valores entre las estaciones (Figura 3-104) y según el resultado de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, no se encontraron diferencias significativas entre épocas de muestreo (t= 4,41, p= 0,11), aunque el mayor promedio y la mayor varianza se haya registrado en la época de seca (Figura 3-105).

Figura 3-104 **Valores de la biomasa Seca (gr.100 m^{-3}) para la zona industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena durante Agosto de 2007 (transición), Noviembre de 2007 (lluvias) y Marzo de 2008 (seca).**

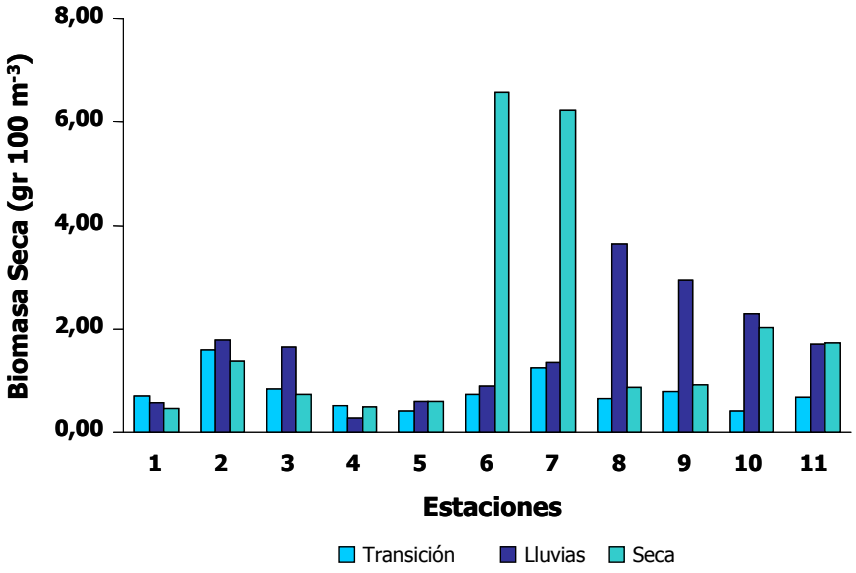
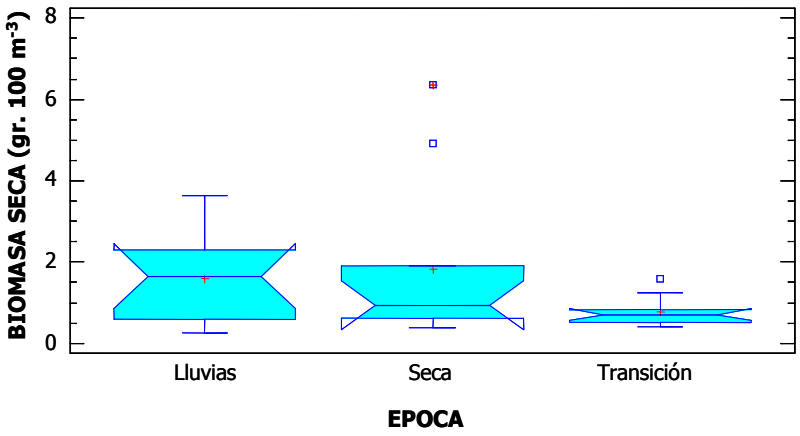


Figura 3-105 **Esquema comparativo de las medidas de posición y dispersión (basados en biomasa seca) para las tres épocas de muestreo en la zona industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena.**



En lo atinente a la biomasa seca, los valores estuvieron por encima del rango de valores reportados para otras localidades del Mar Caribe colombiano con excepción de la ensenada de Gaira, donde los altos valores reportados son atribuidos a un evento de surgencia local. Sin embarg, se reconoce que son relativamente bajos si se comparan con los valores de biomasa reportados en Panamá, trabajo este donde se argumenta que los valores de biomasa estuvieron influenciados por el aporte de cinco taxas de macrozooplancton como zoeas de Brachiuro, larvas y huevos de peces y grandes Calanoideos (Tabla 3-59).

Tabla 3-59 **Biomasa seca zooplanctónica en algunas localidades del mar Caribe colombiano y panameño**

Localidad	Biomasa seca (g. 100 m^{-3})	Referencias
Golfo de Salamanca	0,0007-0,1376	Vanegas (2002)
Isla de San Andrés	0,029-0,129	Martinez (2007b)
Mar Caribe Panameño	24,6-27,0	D´Croz *et al.*, (2005)
Ensenada de Gaira	0,144-6,323	Cepeda (2007)
Bahía de Cartagena	0,27-6,57	**Presente Estudio**

La materia orgánica a nivel espacial no presentó un gradiente marcado espacialmente. Sin embargo, para la época de lluvias y transición se observa una tendencia en aumento de los valores hacía la zona central y sur del área de estudio. Para la época de transición, presentó un promedio de 0,13 gr. 100 m^{-3} (±0,06), para la época de lluvias el promedio fue de 0,24 gr. 100 m^{-3} (±0,23) y en la época seca el promedio fue de 0,96 gr. 100 m^{-3} (±0,35) (Figura 3-106). Los valores de la desviación estándar en la época de lluvias indican que hubo una amplia variación en los valores entre las estaciones.

Según los resultados de la prueba no paramétrica de kruskal-Wallis se encontraron diferencias significativas entre épocas de muestreo (t=20,74, p= 0,00) (Figura 3-107). De manera particular éstas diferencias se detectan entre la época seca y las otras dos épocas muestreadas (transición y lluvias). Así, en la época seca se detectan valores de materia orgánica que son significativamente mayores que en las épocas de transición y lluvia (Figura 3-106), siendo estos valores un registro de que se presentó una alta productividad secundaria.

Figura 3-106 **Valores de la Materia Orgánica (gr.100 m^{-3}) en la zona industrial de Mamonal, bahía de Cartagena durante Agosto de 2007 (transición), Noviembre de 2007 lluvias) y Marzo de 2008 (seca).**

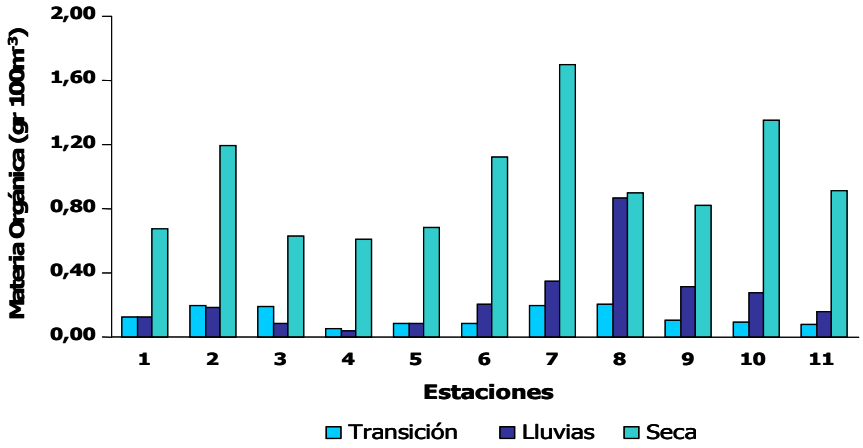
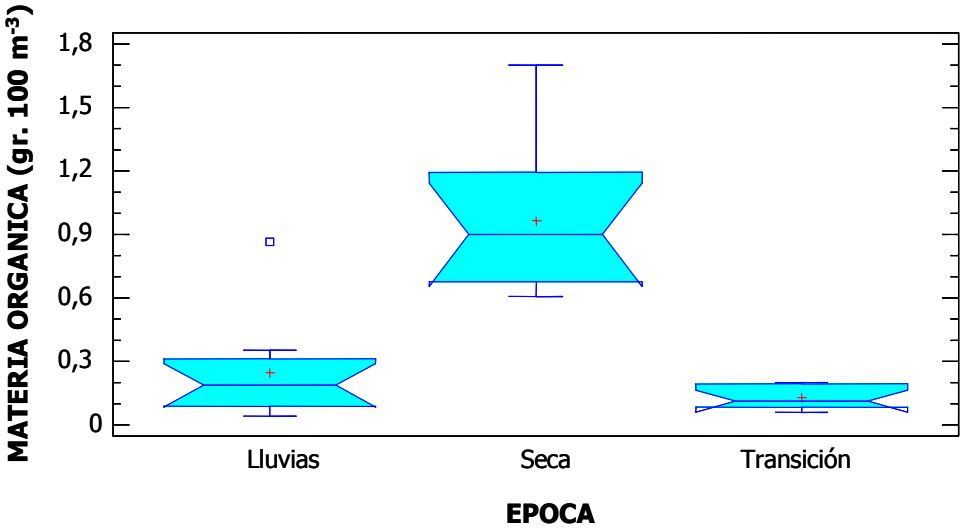


Figura 3-107 Esquema comparativo de las medidas de posición y dispersión (basados en materia orgánica) para las tres épocas de muestreo en la zona industrial de Mamonal, Bahía de Cartagena.



Al respecto, es importante destacar que las estaciones que presentaron los menores valores de todos los tipos de biomasa considerados en las tres épocas fueron las estaciones más someras y cercanas al continente (E1 y E4). Estos valores de biomasa están relacionados con la con la relación talla – biomasa de las familias detectadas en las E1 y E4, que en su mayoría corresponden a organismos de tamaño relativamente pequeño con bajos aportes al total de la biomasa de la comunidad. Sin embargo, esta situación es particular a dichas estaciones, ya que en esta investigación la biomasa de la comunidad estuvo determinada principalmente por el número de individuos (en términos de abundancia), detectándose una correlación significativa entre la abundancia y la biomasa volumétrica (r= 0,47, p=0,006), biomasa húmeda (r=0,46, p=0,007) y biomasa seca (r=0,80, p=0,003) y para la materia orgánica (r= 0,38, p=0,030).

Es importante destacar que durante la estimación de la biomasa del zooplancton, se consideró el aporte de los huevos ó larvas de peces presentes en las muestras, al reconocer que estos organismos también estarían contribuyendo a los pesos volumétricos y gravimétricos considerados. No obstante y de acuerdo a los valores de correlación, el mayor aporte lo están haciendo los copépodos y las larvas de decápodos debido a su densidad, contrario a lo que se encontró en la época de transición donde se presentó una alta densidad de organismos gelatinosos con gran contenido de líquido intersticial. De acuerdo a los resultados de la época seca los mayores resultados de biomasa se presentaron en las estaciones 6 y 7 coincidiendo con las altas abundancias reportadas para estas mismas estaciones.

En términos generales la biomasa zooplanctónica registrada durante el presente estudio estuvo sostenida principalmente por la mayor abundancia de grupos de copépodos, larvas

de decápodos y chaetognatos. La biomasa zooplanctónica entendida como la cantidad de materia viva que aporta la fauna planctónica al sistema, constituye una medida de la productividad secundaria del área (Gasca *et al.*, 1994 op. cit), de esta manera el análisis de los valores de biomasa proporciona información sobre la productividad y por lo tanto representa un factor descriptivo de considerable importancia.

En el presente trabajo la mayoría de formas de biomasa valorados presentaron valores relativamente altos, indicando que existe una alta productividad zooplanctónica en el área.

- *Relación con los parámetros fisicoquímicos*

La correlación de las variables ambientales con el componente biológico se llevó a cabo seleccionando la mayoría de variables medidas en el componente Calidad de Aguas, excluyendo las que presentaran una alta correlación entre sí para evitar el solapamiento de la información (Clarke y Warwick, 2001 op. cit). Se excluyeron las variables cianatos, cianuro libre y Oxígeno disuelto, por estar correlacionadas con el cianuro total y con la saturación de Oxígeno respectivamente.

Se seleccionaron para el análisis 18 variables: cianuro total, grasas y aceites, hidrocarburos disueltos y dispersos, amonio, sólidos totales, temperatura, conductividad, saturación de Oxígeno, profundidad, transparencia, pH, DQO, DBO5, nitrito, nitrato, sólidos suspendidos, turbidez y sólidos suspendidos totales. Para las variables temperatura, conductividad, pH y saturación de Oxígeno se trabajó con los valores promedio, debido que las muestras obtenidas en el componente zooplancton se obtuvieron de arrastres oblicuos en la columna de agua desde la interfase agua-sedimento hasta superficie.

Se empleó el test de ajuste de Shapiro-Wilk para valorar la distribución de las variables y se encontró que la temperatura, conductividad y saturación de Oxígeno presentaron una distribución normal. En el caso de la profundidad, transparencia, pH, DQO, DBO5 y nitritos se les realizo transformación de raíz cuadrada debido que no presentaron una distribución normal ($p \leq 0,05$), al nitrato se le aplicó transformación de raíz cuarta y a los Sólidos Suspendidos y la Turbidez se les aplico la transformación Logarítmica.

Finalmente las grasas y aceites, los hidrocarburos disueltos y dispersos, el amonio, los sólidos suspendidos, los sólidos totales y la salinidad no presentaron una distribución normal incluso realizando la transformación más potente (Log). Sin embargo, dada la importancia de éstas variables tienen a nivel ecológico se incluyeron sin ningún tipo de transformación para el análisis de Bio-Env.

Los resultados del análisis BioEnv (Tabla 3-60) sugieren que el patrón temporal de ordenación de la comunidad, en términos de composición y abundancia, presenta el mayor coeficiente de correlación con la concentración de sólidos suspendidos totales. Existen otras

correlaciones con diferentes combinaciones de variables para el resto de variables, pero resultaron relativamente menores (<0,150).

Es importante destacar que detectar correlaciones bajas y no significativas en éste tipo de estudios no significa que no estén influyendo en la comunidad zooplanctónica, esto al reconocer que los valores de las variables ambientales corresponden a mediciones instantáneas de la estructura de la comunidad (en términos de composición y abundancia) que son el reflejo de las condiciones ambientales preponderantes en el área de estudio; de ahí que esta comunidad pueda ser utilizada como indicadora de la calidad del agua.

Según los resultados de la prueba de BIOENV, los sólidos sedimentables es la variable ambiental que más está incidiendo en el patrón de ordenación temporal de la abundancia y la composición zooplanctónica, para lo cual y según Husselmann (1996 op. cit), estos afectan la claridad de la columna de agua y por lo tanto inciden en la turbidez. Una variable ambiental que se ve afectada directamente con los sólidos es la transparencia de la columna de agua, lo que a su vez condiciona comportamientos en las comunidades zooplanctónicas, ya que op. cit afectan muchos hábitos de los organismos planctónicos como migraciones y procesos de alimentación (Beisner, 2001).

A este respecto, Husselmann (1996 op. cit) argumenta que la luz, la turbidez y la hidrodinámica tienen una gran influencia en la distribución horizontal y vertical y en la diversidad de las comunidades planctónicas.

Tabla 3-60 Resultados del análisis multivariado (BIO-ENV) mediante el coeficiente de correlación harmónico por rangos de Spearman. Combinación de 18 variables ambientales con el componente biótico (Abundancia) para la zona industrial de Mamonal, bahía de Cartagena durante agosto y noviembre de 2007 y marzo de 2008.

pW	G y A	NH4	DBO5	NH2	SS	COND	DBO	SST
0,409					**x**			
0,143	x	x		x				
0,143	x	x		x	x			
0,138	x	x		x				x
0,138	x	x		x	x			x
0,134		x		x				x
0,134		x		x	x			x
0,13	x	x	x	x				
0,13	x	x	x	x	x			
0,129	x	x	x	x				x
0,129	X	X		X			X	
0,129	X	X		X	X		X	
0,129	X	X		X		X		
0,129	X	X		X	X	X		

G y A: Grasas y Aceites, NH4: Amonio, DBO5: Demanda Bioquímica de Oxígeno, NH2: Nitrito, SS: Sólidos sedimentables, COND: Conductividad, DBO: Demanda bioquímica de Oxígeno y SST: Sólidos suspendidos totales.

A manera de ilustración, se graficaron las ocho variables que tuvieron alguna correlación con la comunidad zooplanctónica y se encontró que la conductividad se comportó de manera homogénea a través de las estaciones en las tres épocas de muestreo, aunque hubo variaciones en esta variable a nivel temporal y se presentó una estatificación en la columna de agua, estas no se detectaron de manera particular debido que se trabajó con los valores promedio.

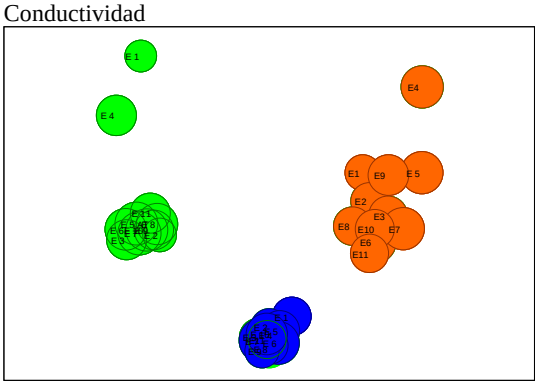
En el caso de la demanda bioquímica de Oxígeno (DBO5), los mayores valores se asociaron a las estaciones de la zona central y sur (Figura 3-108), a partir de la cual y de manera particular, se encontró que el amonio (NH_4), tuvo una alta incidencia en la comunidad zooplanctónica para la época de transición en la estación 1.

Como se mencionó anteriormente las variables no están correlacionadas de manera significativa y tienen bajos coeficientes de correlación con la ordenación de dicha comunidad. Sin embargo, cuando los símbolos de éstas variables constituyen un gradiente horizontal se configura un gradiente que afecta la estructura de la comunidad. Diversos estudios muestran que los parámetros ambientales juegan un rol importante en la distribución de las comunidades planctónicas, especialmente sobre las fluctuaciones de abundancia. En ambientes estuarinos la distribución es espacial y temporalmente heterogénea, más que en cualquier ambiente acuático debido a la condiciones inusuales en la dinámica que experimentan los estuarios (Pinel-Alloul *et al.*, 1988, Schlacher y Wooldridge, 1995). Las condiciones físicas y químicas en los estuarios son muy variables tanto en tiempo como en el espacio y esto se ve reflejado en cambios en la estructura de la comunidad zooplanctónica en términos de composición y abundancia (Hansen *et al.*, 1988, op cit).

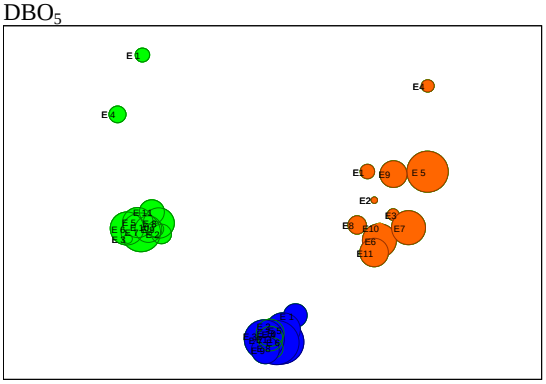
Respecto a la incidencia de la DBO_5, se encontró que hubo un mayor efecto para la época de transición y seca en las estaciones de la zona central y sur de la bahía; de otro lado para la época de lluvias el comportamiento fue más homogéneo, para lo cual Mauchline (1998), argumenta que los copépodos normalmente viven en ambientes bien oxigenados, aunque muchas especies costeras producen huevos que se hunden en el fango y pueden estar en anoxia, aunque no obstante, pocas especies oceánicas están adaptadas a la capa de mínimo Oxígeno. En este mismo sentido, Herman (1984) citado en: Mauchline (1998) sugiere que las oxiclinas restringen la extensión baja de la migración vertical de manera específica.

Figura 3-108 **Esquema de sobreposición de las variables ambientales correlaciondas con la ordenación de la comunidad zooplanctónica para las épocas climáticas muestreadas (verde: transición; azul: lluvias; naranja: seca).**

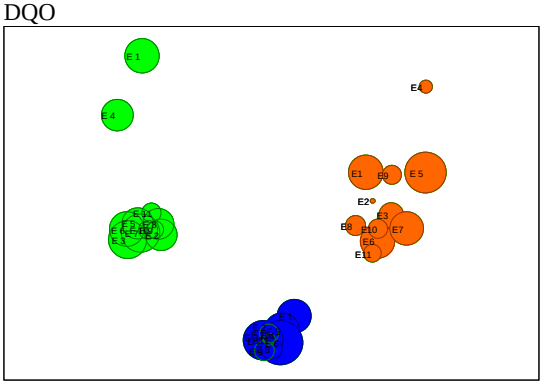
Conductividad



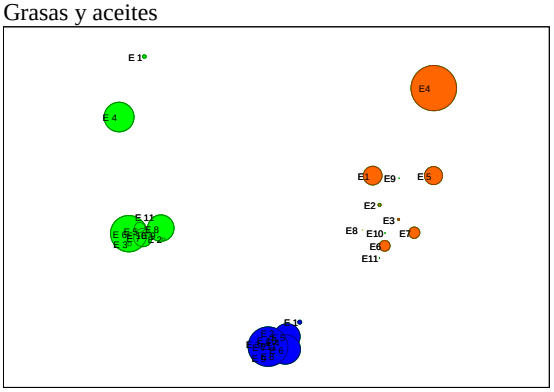
DBO_5



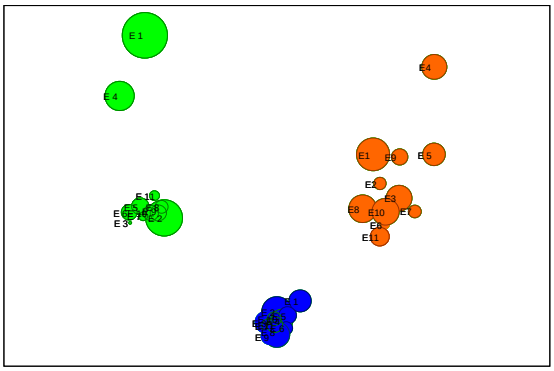
DQO



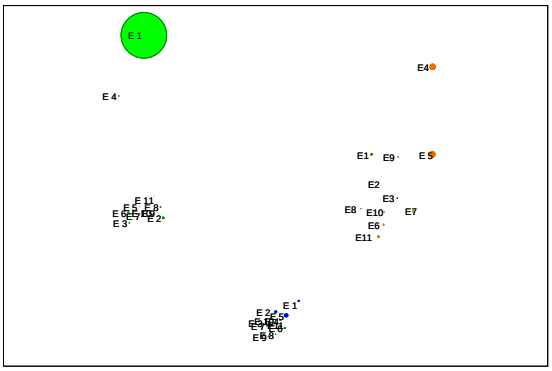
Grasas y aceites



Nitritos

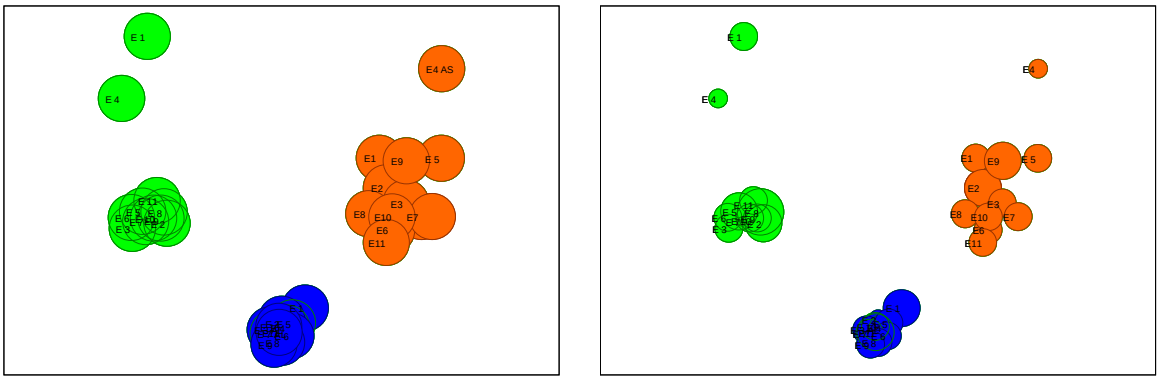


Amonio



Sólidos sedimentables

Sólidos suspendidos totales



Aunque se encontró una baja correlación con la salinidad (medida como conductividad), esta variable ambiental es quizás la más determinante en las comunidades planctónicas en ambientes estuarinos. Investigaciones en estructura comunitaria en estuarios en Sur África han demostrado que la temperatura y la salinidad pueden afectar considerablemente la abundancia zooplanctónica (Schumann y Brink, 1990, Schumann y Pearce, 1997). La salinidad es un factor abiótico clave que regula la estructura espacial de las comunidad planctónica estuarina, las especies del zooplancton estuarino se pueden agrupar de acuerdo al rango de salinidad que toleren (Wooldridge, 1999). En la época de lluvias cuando el caudal del Canal del Dique y el intercambio vertical turbulento debido a la ausencia de vientos es mínima, en la capa superficial se forma una picnoclina pronunciada la cual dificulta el intercambio de gases y masa entre las capas superficiales y el fondo (Tuckovenko *et al.*, 2002).

El efecto mareal también ha sido identificado como uno de los mayores factores que afectan las comunidad zooplanctónicas en los estuarios (Kibirige y Perissinotto, 2003), estudios cuantitativos muestran que éstas responden a patrones de variaciones temporales y espaciales de gradientes ambientales (Wooldridge, 1999).

En época de lluvia, los nutrientes que llegan con las aguas del Canal de Dique y en las fuentes antropogénicas propagándose en los límites de la endulzada capa superficial (Tuckovenko *et al.*, 2002). En sectores donde se presentan pulsos de enriquecimiento, ya sea por efectos de fertilización por la llegada de aguas continentales, o por el afloramiento de estas, la dinámica de la población zooplanctónica en particular presenta una secuencia de eventos que se manifiestan en el tiempo y el espacio (Margalef, 1982).

Otro factor determinante en las comunidades planctónicas es la profundidad del cuerpo de agua donde se encuentren; según (Mauchline, 1998), las tasas de ingestión de los copépodos varían con la profundidad, esta variación es una respuesta directa al efecto de factores ambientales como la concentración de alimento (Frost, 1972) y luz (Stearns, 1986; Head y Harris, 1987); además del papel de la migración vertical (*diel*) de los copépodos, modula la cantidad de algas consumidas en un estrato de profundidad determinado.

3.4 Medio socioeconómico

3.4.1 Lineamientos de participación

Es importante tener en cuenta que el proceso que sigue REFICAR se orienta hacia la modificación de la Licencia Ambiental Ordinaria, concedida mediante Resolución del MAVDT No. 1157 del 10 de noviembre del año 2000, para el proyecto de construcción y operación de plantas nuevas en la Refinería de Cartagena, proyecto que se modificó en los alcances, diseños y montos de inversión.

Durante el proceso de licenciamiento, la entidad encargada en ese momento del denominado Plan Maestro de Desarrollo de la Refinería de Cartagena - ECOPETROL, socializó el proyecto mediante la realización de nueve encuentros llamados de Puertas Abiertas[132] en los que participaron 4,215 personas provenientes de 24 comunidades[133]. De igual forma, realizó una reunión informativa sobre el proyecto con las entidades ANDI - Fundación MAMONAL, ACOPI, Cámara de Comercio, FENALCO, ASIEN y con las Universidades locales[134]. En estas reuniones se presentó el Plan Maestro de la Refinería, la Gestión Social y Ambiental adelantada por ECOPETROL.

En cuanto al cumplimiento de las obligaciones sociales adquiridas en la mencionada Licencia, ECOPETROL reporta el cumplimiento del 100% de los indicadores especificados para cada programa. De este cumplimiento se ha ido informando a la comunidad y al público en general a través del medio Revista Alianzas, que publica la empresa periódicamente y que es entregada de forma gratuita a los líderes comunitarios e institucionales de interés para la Refinería.

Durante el año 2006, se mantuvo informada a la comunidad por medio de reuniones formales, sobre los cambios que se estaban produciendo en la propiedad de la Refinería y los cambios que iban a ocurrir en el proyecto. En el ANEXO 3-3, se presenta copia de la documentación y registro del cumplimiento de las obligaciones.

En el actual proceso de realización del EIA y del PMA para solicitar al MAVDT la modificación de la Licencia Ambiental, también se llevó a cabo un proceso de socialización, con el fin de informar a la comunidad interesada sobre las nuevas tecnologías a utilizar en la Refinería y los beneficios ambientales que se producirán con las obras de

---

[132] Encuentros Puertas Abiertas: Encuentros realizados en la Refinería de Cartagena con los Presidentes de Juntas de Acción Comunal, Ediles, Comité de Vigilancia a Regalías Petroleras y demás líderes formales de la Zona en donde se les presentó el Plan Maestro, y la gestión social y ambiental de la Refinería.

[133] Información suministrada por ECOPETROL

[134] Las Actas de asistencia y el registro fotográfico del cumplimiento de este programa de socialización e información del proyecto, fueron entregados en el primer informe, al equipo del Plan Maestro para su presentación al MAVDT

modernización que se iniciarán próximamente. Se consideraron hacer 4 presentaciones para diferentes actores así:

Primer grupo, LOCAL.

- Alcaldía de Cartagena: Invitando a la señora Alcaldesa, las secretarías de Salud, de movilidad, de planeación, de educación, de competitividad, la EPA.
- Personería Distrital.
- Defensoría del pueblo.

Segundo grupo, REGIONAL.

- CARDIQUE: Invitando al señor Director, al señor Subdirector de Calidad Ambiental y todo el personal que la Corporación considere.
- Procuraduría Delegada de medio ambiente.
- Gobernación: Invitando al señor Gobernador, al señor Coordinador ambiental, al señor Coordinador de desarrollo económico.
- DIMAR: Invitando al señor Director.
- CIOH: Invitando al señor Director.

Tercer grupo, INDUSTRIA Y ACADEMIA.

- ANDI.
- FUNDACION MAMONAL.
- Cámara de Comercio de Cartagena.
- ACOPI.
- ACIEM seccional Bolívar. (Asociación Colombiana de Ingenieros Mecánicos).
- UNIVERSIDADES: Universidad Tecnológica de Cartagena, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Universidad de Bolívar.
- SENA.
- CIFEN.
- Observatorio de Cartagena como vamos.
- Observatorio del Caribe.

Cuarto grupo, LIDERES COMUNALES.

- Ediles de la Comuna.
- Alcalde delegado de la comuna.
- Representante del concejo de Cartagena que represente a la comuna.
- Lideres de la comuna.

El material de registro y actas respectivas se puede encontrar en el ANEXO 3-4.

De todo el proceso de socialización se puede concluir que el proyecto no es nuevo para la ciudadanía y sus autoridades en general. Sin embargo, la información sobre las nuevas tecnologías de punta que se utilizarán y los beneficios ambientales que están conllevan no eran del conocimiento de todo el público. Esta información fue bien recibida, así como la información sobre el plan de manejo ambiental, el plan de manejo social y la información sobre las políticas de responsabilidad social de REFICAR que darán continuidad a las que viene desarrollando ECOPETROL desde hace varios años y que se han visto concretadas en importantes obras y proyectos sociales en la ciudad y específicamente en las 24 comunidades aledañas al a zona industrial de MAMONAL.

Uno de los aspectos que vale la pena mencionar, como resultado de la socialización del proyecto, es la inmensa expectativa existente sobre la generación de empleo para los habitantes de la ciudad, tanto directo como indirecto, así como sobre el mejoramiento de la economía local por efecto de los recursos que se invertirán en el proyecto. Esta expectativa se manejó durante el proceso de socialización mediante el suministro de información oficial sobre el número de empleos a generar y los medios que se utilizarán para realizar el recibo de hojas de vida, la evaluación del personal semi y calificado y la selección y contratación del mismo, procedimientos que se explican más detalladamente en las fichas del PLAN DE MANEJO SOCIAL que se presenta más adelante en este documento.

3.4.2 Dimensión demográfica

Área de influencia indirecta

Localización: El Distrito de Cartagena de Indias está localizado al norte de la República de Colombia, sobre el Mar Caribe. Es la capital del Departamento de Bolívar, se encuentra a una distancia aérea de 600 kilómetros y por carretera de 1.204 Km. de Bogotá, capital de Colombia, a 89 de Barranquilla, 233 de Santa Marta, y 705 de Medellín. Limita al norte con el mar Caribe, al sur con el municipio de San Onofre, al este con Santa Catalina, Santa Rosa, Turbaco y Turbaná y al oeste con el mar Caribe. Tiene una extensión de 609.1 Km^2. Está compuesto por una serie de islas, penínsulas y cuerpos interiores de agua que conforman el área insular y está el área continental. Estas condiciones y la presencia de los cuerpos de agua, hacen de Cartagena una ciudad con características morfológicas especiales y de un hermoso paisaje natural, pero al mismo tiempo integran un sistema de gran fragilidad ambiental.

Dinámica del poblamiento: en la etapa prehispánica, diversas tribus indígenas estaban establecidas en el territorio que bordea la Bahía de Cartagena. Durante el descubrimiento, inicialmente el territorio fue explorado por Rodrigo de Bastidas en 1501 y luego conquistado por Pedro de Heredia, quien derrotó al cacique Carex (asentado en Tierrabomba), quien tenía como aliados a los señores de los pueblos de Maparapá, Cocón y Conspique. Se deduce entonces que los pueblos conformaron una organización política en la que se estaba definiendo un señor principal y una organización jerárquica o vertical a

partir de los cacicazgos[135]. En la colonia, desde 1535 hasta 1625 varias misiones religiosas se establecieron en la ciudad, construyendo iglesias y conventos que fueron decisivas en la consolidación y el contexto urbanístico de la ciudad. Hacia principios del siglo XVI existían varias poblaciones ancestrales, en Calamarí (parece ser la actual zona alta del barrio de San Diego), en la isla de Tierrabomba y en el extremo sur de la Bahía, donde dominaba el cacique Carón. Otros asentamientos se determinaron por el potencial de oferta de recursos naturales, uno en la cangrejera (hoy es el barrio de Crespo), una comunidad de pescadores en Manga y otra en inmediaciones de Albornoz[136].

Por su función de puerto, en Cartagena se concentraron enormes riquezas provenientes de la Nueva Granada, el virreinato del Perú y de otras colonias españolas. Fue por este puerto que ingresaron a América la mayor cantidad de esclavos africanos, traídos por los españoles para reemplazar la mano de obra indígena, que estaba en decadencia debido a su exterminio por las guerras y enfermedades. Por ello, la ciudad fue dotada con el sistema de fortificaciones defensivas más extenso e imponente de todas las ciudades que se fundaron en el nuevo mundo, se construyeron las murallas y los baluartes como Santa Catalina, San Lucas, Santiago y San Pedro, con lo que la ciudad quedó totalmente protegida de ataques (incluyendo a Getsemaní). En el siglo XVIII se construyó el fuerte de San Fernando que junto con la fortaleza de San Luis se localizan en Bocachica a la entrada de la Bahía. También se construyó uno de los conjuntos de edificios más representativos del período colonial en el Caribe. Hoy en día, son patrimonio cultural e histórico de la humanidad y uno de los principales factores que impulsa el turismo.

Históricamente, la ciudad se ha ido poblando con dos tendencias: i) la primera se relaciona con el proceso mismo de la conquista española, donde se dio una concentración urbana por fuera de la zona amurallada en el siglo XV, que aún hoy se mantiene, y ii) la segunda, es la población rural que ha llegado a la ciudad buscando refugio y oportunidades, fenómeno migratorio que se ha presentado desde las circunstancias de la esclavitud, especialmente hacia el Cerro de la Popa, en la zona urbana, y hacia el Canal del Dique, en la zona rural. Cartagena cuenta con un alto porcentaje de población negra; desde los tiempos de la conquista se ha dado el mestizaje, dando origen a un significativo número de mulatos, zambos y mestizos, si bien, prevalece la población negra en la ciudad. Con el reciente auge de la construcción y con el desarrollo de proyectos urbanísticos y habitacionales en la ciudad, se reafirma en la región esta tendencia de concentración urbana.

Por las características de la ciudad, su clima y desarrollo turístico, un sector importante de población foránea (nacional e internacional), ha comprado propiedades que visita esporádicamente, principalmente durante la temporada de vacaciones, constituyéndose en

[135] Cartagena: Ambiente y Desarrollo, consideraciones para una gestión integral, Pontificia Universidad Javeriana y otros , 1993
[136] Cartagena: Ambiente y Desarrollo, consideraciones para una gestión integral, Pontificia Universidad Javeriana y otros , 1993

una población flotante que interfiere con la dinámica local, por lo menos durante los meses de abril, junio – julio y diciembre – enero.

La delimitación del ente territorial, municipio de Cartagena, capital del departamento de Bolívar, tuvo su origen en 1923. En esta ocasión a Cartagena se le asignan sus agregaciones pero no se le definieron sus límites. El Distrito Cultural y Turístico de Cartagena de Indias, fue erigido como tal mediante el Acto Legislativo Nº 1 de 1987. Dos años antes, en 1985, había sido declarado Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO.

División territorial: Con la aprobación de la ley 768 de 2002, referente legal para la implementación de las alcaldías locales, a través del Acuerdo 006 de 2003 se dividió el territorio del Distrito Turístico y Cultural de Cartagena de Indias en tres (3) localidades como divisiones administrativas así: Histórica y del Caribe Norte, de la Virgen y Turística y la Industrial de la Bahía. Se reglamentó con el decreto 0581 de 2004, con la subdivisión de las localidades en 15 Unidades Comuneras de Gobierno Urbanas y Una Rural.

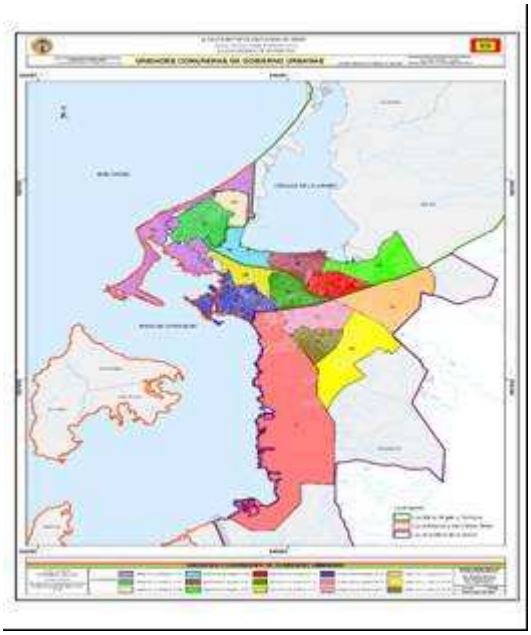
Figura 3-109 Mapas de las localidades y comunas de Cartagena.

Localidades Cartagena



Fuente: Planeación Distrital de Cartagena, 2000

División Por Comunas



Fuente: Planeación Distrital de Cartagena, 2007

Composición de la población 2005: La Tabla 3-61 muestra para diferentes períodos intercensales, que la población de Cartagena presenta tasas de crecimiento mayores a las del país. Mientras entre 1905 y 1951 la población de Colombia creció 178%, la de Cartagena lo hizo 1231%, es decir, 9 veces el crecimiento del país. En el período 1951 – 1973 la tasa en Cartagena fue de 170% y en el período 1973 – 2004 fue de 165% mientras en la país fue 100%.

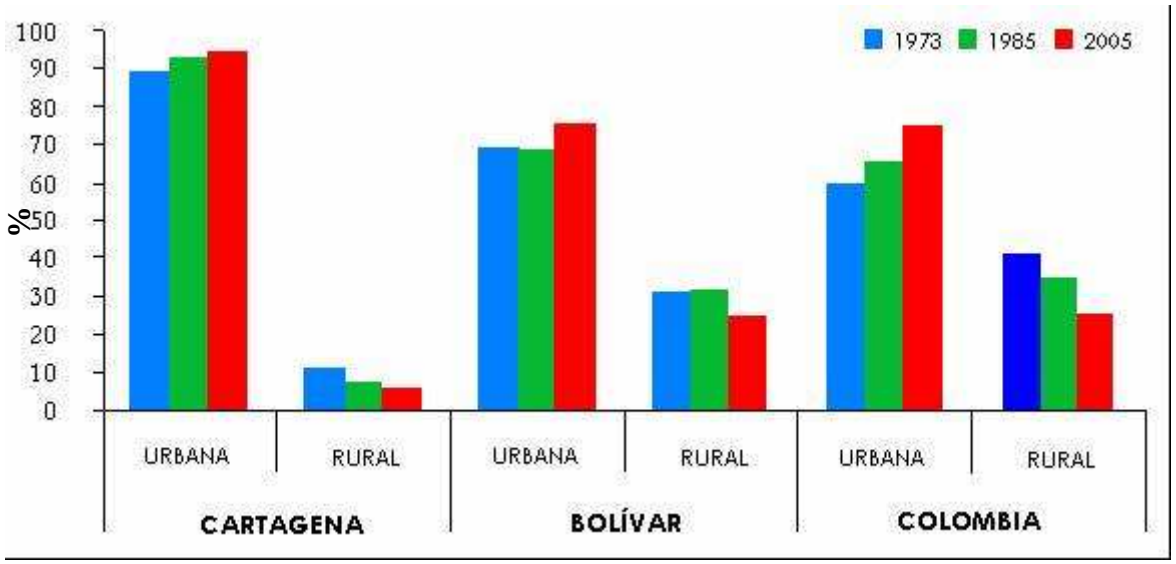
Tabla 3-61 Crecimiento Poblacional

PERIODO	CARTAGENA	COLOMBIA
1905-1951	1231 %	178 %
1951-1973	170 %	95 %
1973-2004	165 %	100 %

Fuente: Cálculo con base en datos de los Censos-DANE.

Como ocurre en las grandes ciudades del país, la distribución de población urbano / rural en Cartagena es bastante diferenciada, con una mayor concentración urbana.

Figura 3-110 Participación urbana-rural



Fuente: Cálculos con base en datos de Censos y proyecciones-DANE

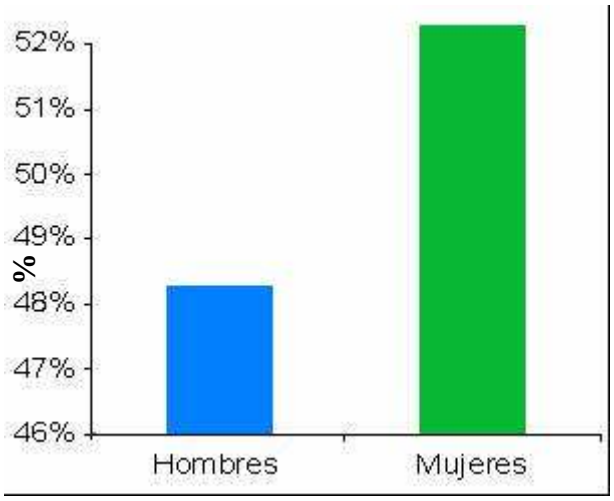
El censo de Población del DANE del 2005 indica que la población de Cartagena asciende a un total de 895.400 habitantes, con 845.801 ubicados en la cabecera y 49.599 en la zona rural. En la composición de la población de Cartagena por edades, se observa que en el 2005 un 35.7% de la población constituyen niños y jóvenes menores de 17 años.

Tabla 3-62 Estructura de población por edades

RANGOS DE EDADES	1999	2004	2005
MENOS DE 5 AÑOS	11-21	10.31	10.13
5-6 AÑOS	4.35	4.06	3.97
7-11 AÑOS	10.28	10.08	10.07
12-17 AÑOS	12	11.59	11.55
18-24 AÑOS	14.21	13.43	13.24
25 AÑOS Y MÁS	47.94	50.53	51.04

Fuente: Cálculos con base en datos del DANE 2005

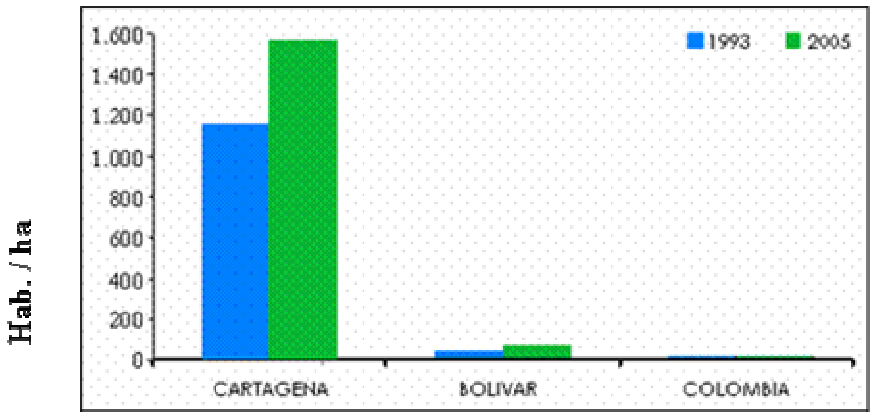
Figura 3-111 Población por sexo



Fuente: Cálculos con base en datos del DANE 2006

Densidad Poblacional: Los datos sobre densidad poblacional indican que la cantidad de personas por kilómetro cuadrado en Cartagena es mayor que en el departamento y en el país. Cartagena en 2005 tenía una densidad de 1.570,8 habitantes/ ha. Entre los censos de 1993 y 2005, en Cartagena la densidad poblacional se incrementó en 36,36% (Figura 3-112). En tanto, en el departamento de Bolívar y en el país, el crecimiento de la densidad fue de 27,6% y 25,2% respectivamente.

Figura 3-112 Densidad poblacional



Fuente: Cálculos con base en datos del DANE 2006.

Natalidad: la tasa de natalidad en Cartagena está en un nivel medio (20 por 1.000 hab.) pero presenta altas tasas de mortalidad infantil, siendo éste uno de los principales indicadores de desarrollo; mientras en Cartagena ésta se mantiene alrededor de 40 por 1.000 nacidos vivos, la tasa nacional para el 2003 era de 25.6 por 1.000 nacidos vivos.

Tabla 3-63 Tasa Bruta de Natalidad y Mortalidad

Año	Tasa Bruta de Natalidad x1000 Hab.	Tasa Bruta de Mortalidad x 1000 Hab.
2000	21.95	50.86
2001	22.04	48.40
2002	22.12	46.55
2003	22.43	40.78
2004	21.93	35.06

Fuente: Planeación DADIS, corte a Mayo del 2006.

Mortalidad: la información presentada se basa en el informe de la Oficina Operativa de Vigilancia Epidemiológica del distrito de Cartagena, que muestra que: "se reportaron un total de 3.525 muertes en el distrito en el año 2006, de las cuales, el 54% correspondió al sexo masculino y el 45.6% al femenino."[137]. La población masculina está más propensa a morir por violencia, enfermedad cardíaca y accidentes de tránsito (especialmente en motocicletas), y las mujeres tienen mayor riesgo de muerte durante la gestación, por enfermedades crónica y muerte accidental.

[137] AMARIS T., Marcela y otros. Comportamiento de los Eventos Bajo Vigilancia Epidemiológica. Departamento Administrativo Distrital de Salud de Cartagena de Indias – DADIS. Dirección Operativa de Salud Pública, 2007. 49 Págs.

Tabla 3-64 Mortalidad por sexo

Masculino	1.904	54.0%
Femenino	1.607	45.6%
Indeterminado	14	0.39%
TOTAL	**3.525**	100

Fuente: Planeación DADIS, 2007

Tabla 3-65 Diez Primeras Causas de Muerte

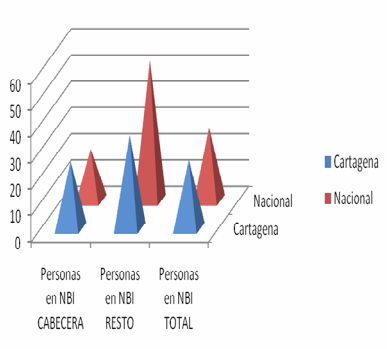
No.	Enfermedad	No. de Muertes	%
1	Hipertensión esencial (primaria)	540	15%
2	Infarto agudo del miocardio, sin otra especificación	331	9%
3	Neumonía bacteriana, no especificada	302	9%
4	Disparo de arma corta: calles y carreteras	295	8%
5	Septicemia estreptocócica, no especificada	259	7%
6	Hipoxia intrauterina	215	6%
7	Sepsis bacteriana del recién nacido, no especificada	145	4%
8	Insuficiencia renal aguda, no especificada	114	3%
9	Enfermedad por virus de inmunodeficiencia humana (VIH),	103	3%
10	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica, no especificada	104	3%
Total		**3.525**	**100%**

Fuente: Planeación DADIS, 2007.

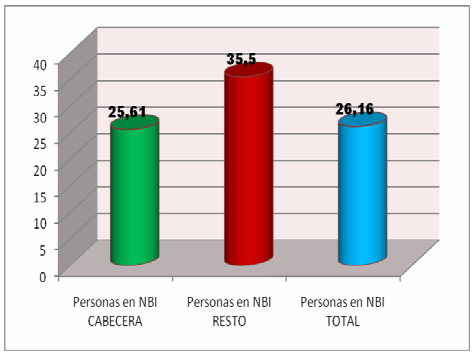
Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas: En Cartagena predominan los grupos poblacionales infantiles y es menor la población de adultos mayores. Las bajas condiciones de vida colocan a estos grupos poblacionales en situación de riesgo, en cuanto a las enfermedades prevalentes de la infancia, edad fértil, embarazo y puerperio. Se halla un porcentaje importante de la población de la ciudad con altos índices de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), ubicadas en los niveles de SISBEN I y II, sobre todo en zonas rurales. Frente a las estadísticas nacionales, es mayor el NBI de la cabecera, pero significativamente menor en la población rural de Cartagena.

Figura 3-113 Necesidades Básicas Insatisfechas

NBI de Cartagena con respecto a los índices nacionales



Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas - NBI



Fuente DANE.

SISBEN: El SISBEN expresa la pobreza de la población, según el porcentaje de población vinculada al régimen subsidiado, lo cual se encuentra por encima del 50%. Mientras en 1998, el porcentaje de pobres era del 61% para el año 2002 este indicador aumentó al 71%.

A diciembre de 2006, 767.092 habitantes se encuentran registrados en los diferentes niveles de SISBEN, así:

Tabla 3-66 Clasificación del SISBEN[138].

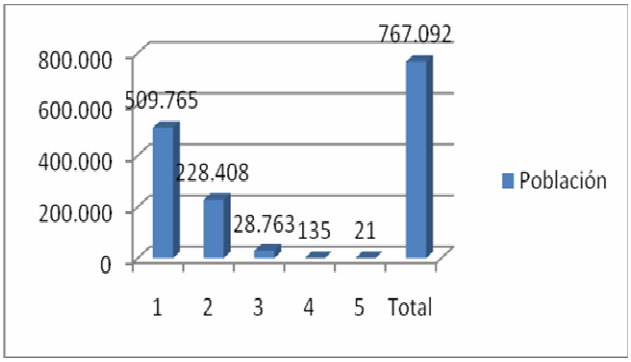
Nivel de SISBEN	Población
1	509.765
2	228.408
3	28.763
4	135
5	21
Total	**767.092**

Fuente: Oficina de seguridad social DADIS.

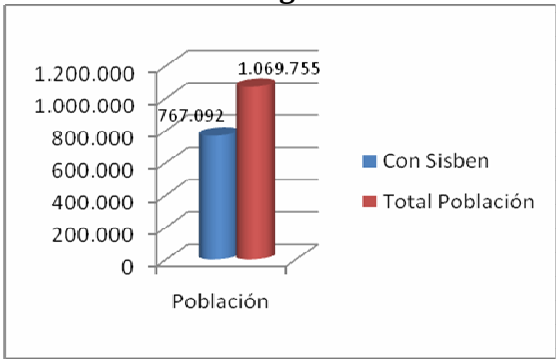
[138] 2006

Figura 3-114 Distribución del SISBEN

Población en niveles SISBEN en Cartagena



Población SISBEN y total en Cartagena



Fuente: Oficina Seguridad Social-DADIS.

De los 895.400 habitantes con que cuenta Cartagena, 722.854 se encuentran reportados como cubiertos por el SISBEN en los 3 niveles, siendo el nivel 1 el que cuenta con mayor número de habitantes afiliados. Los datos por localidad y Unidad Comunera de Gobiernos se pueden observar en la Tabla 3-67.

Tabla 3-67 Niveles SISBEN por Localidades

LOCALIDAD	UCG	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	RESTO	TOTAL
LH LOCALIDAD HISTÓRICA	1	612	658	292	12	1.574
	2	40.461	14.739	1.734	12	56.946
	3	27.041	14.575	2.738	0	44.354
	8	5.677	24.897	2.385	12	32.971
	9	14.029	14.105	5.356	4	33.494
	10	14.573	20.892	5.143	70	40.678
	Rural	19.100	478	15	5	19.598
TOT/LH		**121.493**	**90.344**	**17.663**	**115**	**229.615**
LI LOCALIDAD INDUSTRIAL	11	24.428	3.300	668	9	28.405
	12	2.389	14.991	6.313	0	23.693
	13	12.235	9.930	487	9	22.661
	14	46.213	23.342	1.296	25	70.876
	15	27.851	19.689	1.017	4	48.561
	Rural	15.317	676	7	0	16.000
TOT/LI		**128.433**	**71.928**	**9.788**	**47**	**210.196**
LV LOCALIDAD CIENAGA DE LA VIRGEN	4	45.576	17.819	410	0	63.805
	5	49.440	9.852	729	5	60.026
	6	91.437	3.677	203	0	95.317
	7	8.165	21.604	1.484	6	31.259
	Rural	30.091	2.427	118	0	32.636
TOT/LV		224.709	55.379	2.944	11	283.043
GRAN TOTAL		**474.635**	**217.651**	**30.395**	**173**	**722.854**
		65,66%	**30,11%**	**4,20%**	**0,02%**	

Fuente: Secretaria de Planeación (Sistemas de Información- SISBEN) 2006.

Estratificación socio económica: según la estratificación, el 80% de las viviendas se encuentran en los estratos 1, 2 y 3; si bien, distribuidos en toda la ciudad hay una concentración en las zonas norte, suroriental y suroccidental. Sólo el 4% de las viviendas pertenecen al estrato 6 y se ubican en la zona norte. Los estratos 4 y 5 se encuentran en diferentes zonas de la ciudad, registrando un 15% del total[139].

Tabla 3-68 Estratificación Socioeconómica

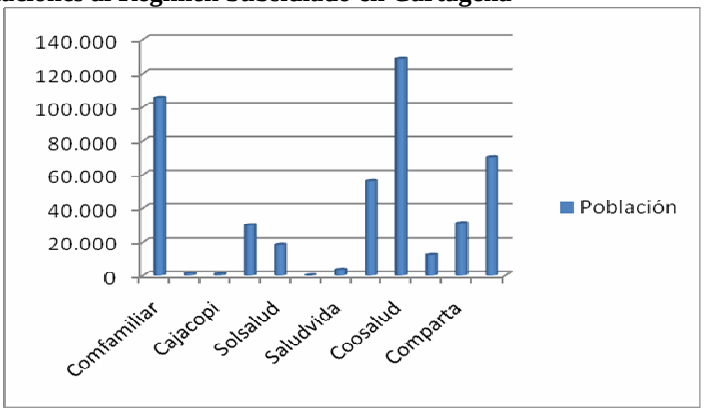
ESTRATO	URBANO	%	RURAL	%	% TOTAL
1	423.011	39,54	63.933	37,84	38,7
2	334.009	31,22	51.451	30,45	31,0
3	215.875	20,18	33.470	19,81	20,0
4	30.115	2,82	5.753	3,40	3,0
5	42.886	4,01	8.641	5,11	4,8
6	23.859	2,23	5.718	3,38	2,5
	1.069.755	**100**	**168.967**	**100**	**100**

Fuente: POT Cartagena 2001.

Con relación a la población flotante que genera el turismo, se debe tomar en cuenta que la distribución de estratos contabiliza aquellas viviendas que en términos generales no son habitadas permanentemente, puesto que son sitios de descanso para períodos determinados al año. Este fenómeno aumenta los estratos 5 y 6.

Salud:

Figura 3-115 Afiliaciones al Régimen Subsidiado en Cartagena



Fuente: Oficina Seguridad Social-DADIS, 2007

[139] Plan de Ordenamiento Territorial de Cartagena de Indias, 2001

Tabla 3-69 Mortalidad por sexo

Mortalidad específica, Enero a Diciembre de 2006		
Masculino	1.904	54%
Femenino	1.607	45.6%
Indeterminado	14	**0.39%**
TOTAL	**3.525**	**100%**

Fuente: Planeación DADIS, 2007

Tabla 3-70 Diez Primeras Causas de Muerte.

No.	Enfermedad	No. de Muertes	%
1	Hipertensión esencial (primaria)	540	15%
2	Infarto agudo del miocardio, sin otra especificación	331	9%
3	Neumonía bacteriana, no especificada	302	9%
4	**Disparo de arma corta: calles y carreteras**	**295**	**8%**
5	Septicemia estreptocócica, no especificada	259	7%
6	Hipoxia intrauterina	215	6%
7	Sepsis bacteriana del recién nacido, no especificada	145	4%
8	Insuficiencia renal aguda, no especificada	114	3%
9	**Enfermedad por virus de inmunodeficiencia humana (VIH),**	**103**	**3%**
10	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica, no especificada	104	3%
Total		**3.525**	**100%**

Fuente: Planeación DADIS, 2007

Se resalta que, uno de los factores más importantes se presenta en la incidencia de muertes causadas por disparo de arma corta, el cual pasa de ocupar el sexto lugar en el año 2005 a ocupar la cuarta causa de muerte en el 2006. Otro aspecto importante lo representa la presencia de muerte por infección del Virus de la Inmunodeficiencia Humana (VIH), como novena causa de muerte con una incidencia de 9.62.[140]

Desplazamiento: entre los años 1997 a 2003, la ciudad de Cartagena fue una de las principales receptoras de población desplazada, por las razones de violencia en toda la Costa Atlántica. Esto se debe a que los desplazados ven en la economía informal de Cartagena una fuente de trabajo e ingresos, especialmente en las actividades vinculadas al turismo[141]. La ubicación de estos grupos de desplazados, especialmente en el barrio Nelson Mandela, genera presión sobre la estructura urbana de la ciudad y la prestación de servicios públicos.

[140] Ibid. Pág. 46 -49.
[141] Sección de movilidad humana. Sistema de información sobre población desplazada por la violencia en Colombia "RUT". Bolívar - Cartagena

Tabla 3-71 Ubicación de grupos desplazados y composición según grupos etáreos

GENERALIDADES			RANGOS DE EDAD EN AÑOS							
Zona Geográfica	**Jefatura Familiar**	**Personas según Sexo**	**> de 2**	**3 a 6**	**7 a 13**	**14 a 17**	**18 a 45**	**46 a 64**	**65 y más**	**Ns/NR**
POBLACIÓN REGISTRADA EN CARTAGENA:	**3.757**	**18.317**	**1.521**	**2.487**	**3.821**	**1.697**	**6.906**	**1.292**	**402**	**191**
%		**100%**	**8,3 %**	**13,6 %**	**20,9 %**	**9,3 %**	**37,7 %**	**7,1%**	**2,2 %**	**1,0 %**
HOMBRES	2.498	9.106	764	1.248	1.986	844	3.292	651	220	101
MUJERES	1.259	9.211	757	1.239	1.835	853	3.614	641	182	90
Nelson Mandela	1.085	5.135	456	741	1.011	429	1.989	328	89	92
Santa Ana	55	288	26	44	49	19	118	25	7	-
Pasacaballos	18	87	7	7	16	5	44	6	-	2
20 De Julio	16	79	6	4	19	11	27	6	6	-
Ceballos	17	75	1	9	20	7	30	5	3	-
Tierra Bomba	4	13	3	-	-	2	6	1	1	-
Caño de Loro	1	3	-	-	1	-	2	-	-	-

Fuente: Sistema de información sobre población desplazada por la violencia en Colombia

Composición de los hogares: en los gráficos siguientes se pueden observar aspectos demográficos relacionados con la composición de los hogares en Cartagena:

Figura 3-116 Distribución número de personas por hogar

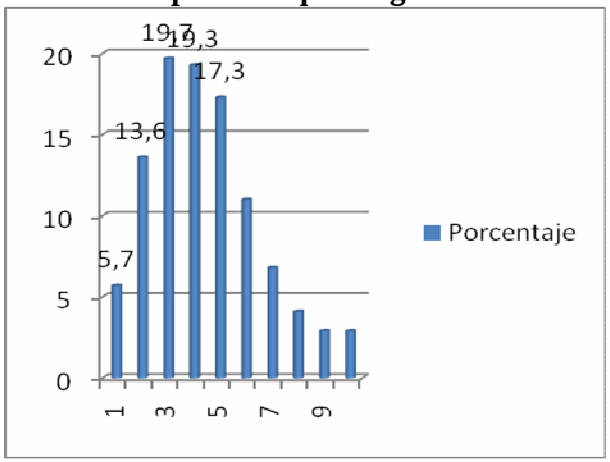
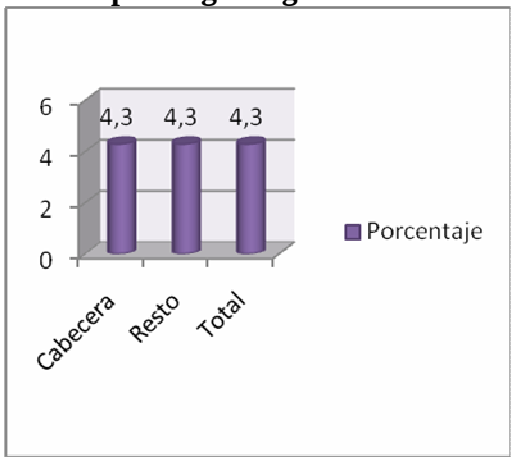


Figura 3-117 Promedio de personas por hogar según área



Fuente: DANE. Censo 2005.

El promedio de personas por hogar en Cartagena es de 4,3, tanto en la zona urbana como en la zona rural. La prevalencia de grupos de hogar está dada en estructuras familiares de 2 a 6 personas, siendo mayor el número en las áreas rurales y en los sectores populares de la ciudad. La mayor parte de las viviendas son propias, pero un 27,3% del total son arrendadas, proporción que mantiene la tendencia nacional.

Educación:

La Secretaría de Educación Distrital (SED), dependencia de la Alcaldía es el ente rector que en el marco de las políticas públicas descentralizadas debe orientar y dirigir las estrategias que le permitan a la ciudad consolidar acciones y programas para alcanzar los objetivos y las metas educativas, garantizando su continuidad y su sostenibilidad.

El 99% de la financiación pública del sector proviene de la Nación (Sistema General de Participaciones, participación en los Ingresos Corrientes de la Nación - ICN, entre otros) y 1% proviene de recursos propios (Distrito). Entre la Secretaría, las zonas educativas y las instituciones educativas, se realiza la planeación, administración, evaluación y seguimiento del sector, con funciones definidas para cada instancia[142]. Por localidades, las estadísticas que entrega la Secretaria de Educación son las siguientes:

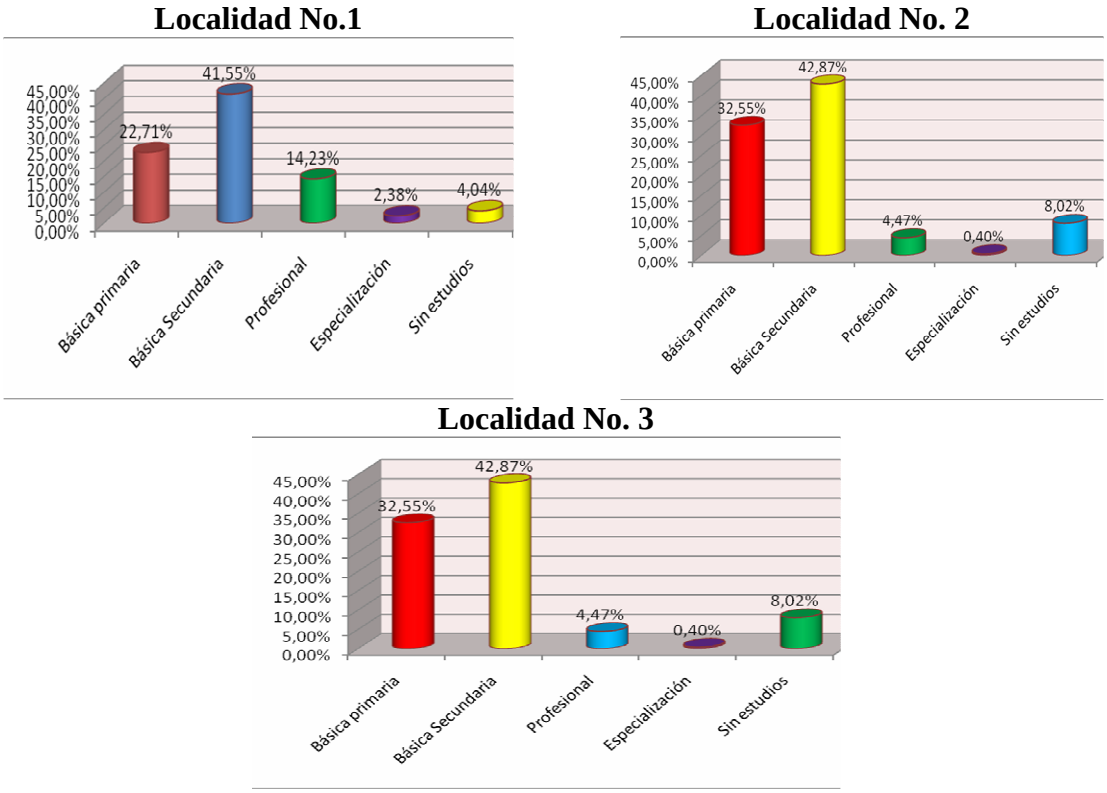
Localidad 1 - Histórica y del Caribe Norte: El 76,5% de la población de 3 a 5 años asisten a un establecimiento educativo formal; el 94,26% de la población de 6 a 10 años y el 90,03% de la población de 11 a 17 años. En relación con el nivel educativo, encontramos que el 22,71% de la población residente en la Localidad 1, ha alcanzado el nivel básica primaria y el 41,55% secundaria; el 14,23% ha alcanzado el nivel profesional y el 2,38% ha realizado estudios de especialización, maestría o doctorado. La población residente sin ningún nivel educativo es el 4,03%. En cuanto a su infraestructura posee 175 colegios, de estos 67 son oficiales y 108 privados. Cuenta con 26 universidades, corporaciones universitarias, e instituciones tecnológicas y técnicas.

Localidad 2 - De la Virgen y Turística: El 65,3% de la población de 3 a 5 años asiste a un establecimiento educativo formal; el 91,55% de la población de 6 a 10 años y el 84,67% de la población de 11 a 17 años. El 32,55% de la población residente en la Localidad 2, ha alcanzado el nivel básica primaria y el 42,87% secundaria; el 4,4% ha alcanzado el nivel profesional y el 0,4% ha realizado estudios de especialización, maestría o doctorado. La población residente sin ningún nivel educativo es el 8,25%. En cuanto a su infraestructura posee 128 colegios, de estos 65 son oficiales y 63 privados. No cuenta con universidades, corporaciones universitarias ni con instituciones tecnológicas ni técnicas.

[142] Abello Vives Alberto, Gutiérrez Elvira y Novoa Darío. La Competitividad de Cartagena de Indias: Análisis de la articulación entre la educación y la economía. En: Serie de Estudios sobre la competitividad de Cartagena, Cartagena de Indias. No. 6 (octubre de 2006). 68 páginas.

Localidad 3 - Industrial y de la Bahía: El 67,96% de la población de 3 a 5 años asisten a un establecimiento educativo formal; el 92,54% de la población de 6 a 10 años y el 87,22% de la población de 11 a 17 años. El 26,46% de la población residente en la Localidad 3, ha alcanzado el nivel básico primario y el 42,38% secundaria; el 9,8% ha alcanzado el nivel profesional y el 0,96% ha realizado estudios de especialización, maestría o doctorado. La población residente sin ningún nivel educativo es el 5,52%. En cuanto a su infraestructura posee 134 colegios, de estos 49 son oficiales y 85 privados. Cuenta con 4 universidades, corporaciones universitarias, e instituciones tecnológicas y técnicas.

Figura 3-118 Nivel de estudios de la Población de Cartagena según localidad



Fuente: Censo del DANE 2005.

Cartagena cuenta con todo tipo de medios de comunicación, especialmente por su diversidad cultural y porque desde los colegios, con el respaldo del Ministerio de Educación, se ha fomentado la implementación de emisoras, periódicos y canales de televisión, como una estrategia de integración, recreación y fortalecimiento cultural.

Morbilidad: Entre las principales causas de enfermedad se presenta, en forma alarmante, las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) como la más frecuente, especialmente en los niños. Esto se debe a la contaminación del ambiente, al mal estado de las vías, los vientos y

las emisiones atmosféricas de CO2 y otras sustancias. También se encuentran la Enfermedad Diarreica Aguda (EDA), de origen infeccioso posiblemente por la deficiencia en los servicios públicos y mala manipulación de los alimentos.

La Rinofaringitis aguda es el primer motivo de consulta en los servicios médicos de urgencias y consulta externa; esto afecta principalmente a mujeres jóvenes. Siguen, las enfermedades diarreicas agudas y las patologías de causa externa (heridas y trauma), esto último con una relación masculino / femenino de 2:1, en especial en el servicio de urgencias.

La aparición como tercera causa de morbilidad las heridas y traumas, puede ser un indicador indirecto del aumento de la violencia en el Distrito, aun cuando faltarían estudios más específicos para conocer su origen.

Tabla 3-72 Morbilidad en niveles I y II del SISBEN

CAUSAS	*Hombres*	*%*	*Mujeres*	*%*	*TOTAL*	*Incidencia por 10.000 hab.*
Rinofaringitis aguda	9,937	9	14,423	13	24,360	238.7
Enfermedad diarreica aguda y parasitosis intestinales	6,655	6	9,263	8.2	15,918	156
Heridas y trauma	7,934	7	5,049	4.5	12,983	127
Enfermedad infecciosa de la piel	4,336	4	7,105	6.3	11,441	112
IRA vía aéreas superiores	4,083	3.6	5,894	5.2	9,977	98
Infecciones urinarias	1,938	2	6,626	6	8,564	84
Asma y síndromes bronco-obstructivos	3,555	3.1	4,600	4	8,155	80
Síndrome febril	3,726	3.3	3,903	3.5	7,629	75
Cefaleas incluida migraña	1,537	1.3	5,864	5.2	7,401	72.5
Dolor abdominal y pélvico	1,806	1.6	4,223	3.7	6,029	59
TOTAL 10 PRIMERAS CAUSAS	**45.507**	**22%**	**66.950**	**32%**	**112.457**	**1102**
TOTAL TODAS LAS CAUSAS					**209.475**	**238.7**

Fuente: Oficina de Planeación y Epidemiología ESE Hospital Local Cartagena de Indias. Diagnósticos Confirmados Nuevos.

Principales eventos bajo vigilancia epidemiológica: la información del DADIS sobre el comportamiento de los principales eventos epidemiológicos ocurridos en Cartagena durante el año 2006 es la siguiente:

- *Dengue:* en los últimos años se aprecia un aumento de la incidencia de este evento en el Distrito de Cartagena, mientras en el 2001 la tasa de incidencia fue de 4.3 por 100.000 hab, en el 2002 fue de 8.7, en el 2003 fue 12.1, en el 2004 fue 21.2 y en el año 2005 se reportó una incidencia de 25.33 por 100.000 habitantes. El dengue hemorrágico mantiene una incidencia baja, en el 2004 de 0.2, en el 2005 pasa a 0.4 por 100.000 hab. Al analizar los grupos de edad comprometidos por la enfermedad, hallamos que el grupo de edad más afectado es el comprendido entre los 5 a 14 años, con un compromiso importante de la población de niños entre 1-4 años, población que por sus propias características es mas susceptible a la enfermedad.

De acuerdo con la ubicación geográfica, la mayor tasa de incidencia se presentó en la Localidad 3, (73 casos en el 2005), donde hay un importante asentamiento de población desplazada y población con altas necesidades básicas insatisfechas, generando factores de riesgo para la reproducción del vector y la transmisión de la enfermedad.

Figura 3-119 Incidencia del Dengue en el total de Cartagena

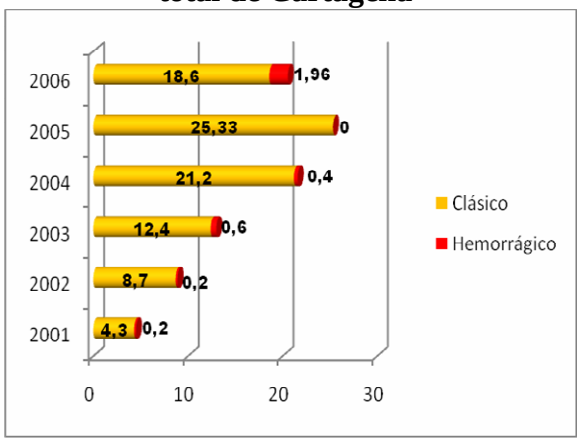


Figura 3-120 Incidencia del Dengue por Localidad

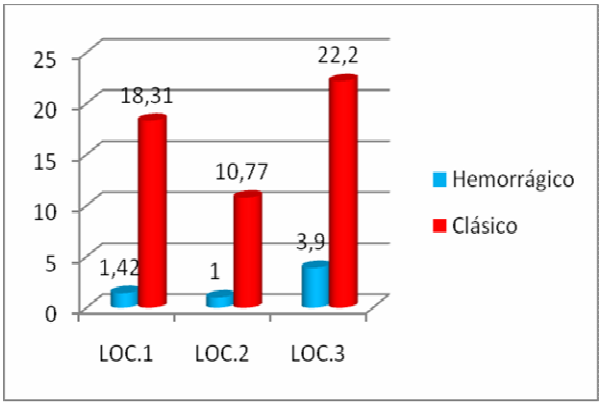
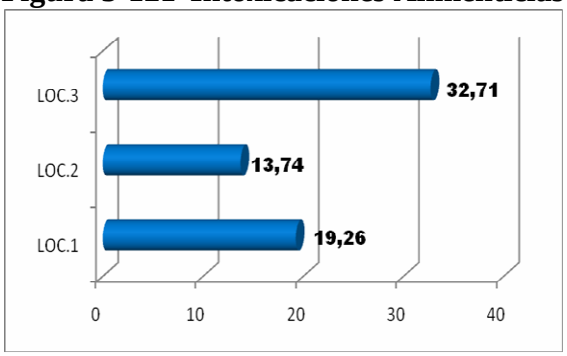


Figura 3-121 Intoxicaciones Alimenticias



Fuente: Oficina de epidemiología –DADIS.

- *Intoxicaciones alimenticias:* los casos de toxiinfecciones alimenticias fueron 57 en el 2003, 18 en 2004, 65 en el 2005 y aumentó a 223 en el 2006. En el último año, muchos de estos casos pasaron inadvertidos en la consulta médica, como simples trastornos digestivos o diarreas inespecíficas, sin que se haya determinado su causa toxico infecciosa. Por otra parte, durante las temporadas de turistas se incrementa el número de casos notificados, por el desconocimiento de las personas foráneas de los sitios adecuados para el expendio de cierto tipo de alimentos, principalmente mariscos. En el 2006 se reportaron dos importantes brotes, investigados en su totalidad: uno que comprometió pacientes de la localidad I y de la Boquilla, y un segundo brote se identificó en niños de Pasacaballos.

Infraestructura de salud: en relación a la infraestructura hospitalaria de Cartagena, en los dos últimos años se ha registrado el cierre de dos hospitales públicos, lo cual redujo la capacidad de respuesta de la red de atención y la disponibilidad de camas en la ciudad, condición que afecta especialmente el manejo de emergencias o el dar una adecuada atención al evento de un desastre natural. La infraestructura presenta deficiencias, tanto en dotación como en atención y facilidades para poder brindar a la comunidad una atención adecuada, no solo en la enfermedad sino también para la prevención de la misma. Para el transporte de pacientes, el Distrito de Cartagena dispone de 24 ambulancias así: 18 en servicio básico, 5 con servicios médicos y un transporte aéreo.

- E.S.E Cartagena de Indias: Presta servicios de primer nivel de complejidad y por eventos a usuarios vinculados y subsidiados, incluye servicios como laboratorio clínico e imagenología. La oportunidad en la prestación de los servicios es deficiente, debido a escasez en los insumos básicos, así como a fallas administrativas que inciden sobre la atención de los pacientes, como es en el proceso de referencia y contra-referencia. Se ha iniciado convenio para la prestación de servicios de segundo nivel, encontrando dificultades debido a la pobre respuesta por parte de Medicina Interna.
- E.S.E. Hospital San Pablo: Presta servicios de segundo nivel de complejidad por eventos a usuarios vinculados y subsidiados, sin embargo debido a la crisis económica y organizacional, la prestación de los servicios es deficitaria. La infraestructura física se encuentra en deterioro, la dotación médico quirúrgica es deficiente y no cuenta con algunos servicios de interdependencias.
- E.S.E. Clínica de Maternidad Rafael Calvo: Presta servicios de segundo nivel de complejidad en el área de maternidad y ginecología a las usuarias vinculadas y subsidiadas del distrito, además de algunos otros servicios en áreas como urología, medicina interna, endocrinología y otros. Aunque tiene algunos inconvenientes de liquidez, los servicios se han venido prestando de manera aceptable.
- E.S.E. José Prudencio Padilla – Unidad Hospitalaria E. De La Vega: Presta servicios de segundo, tercer nivel de complejidad y atención de alto costo por eventos a los usuarios contributivos, vinculados y subsidiados del distrito y el departamento, actualmente la demanda es muy inferior a la oferta instalada y al potencial de la infraestructura existente

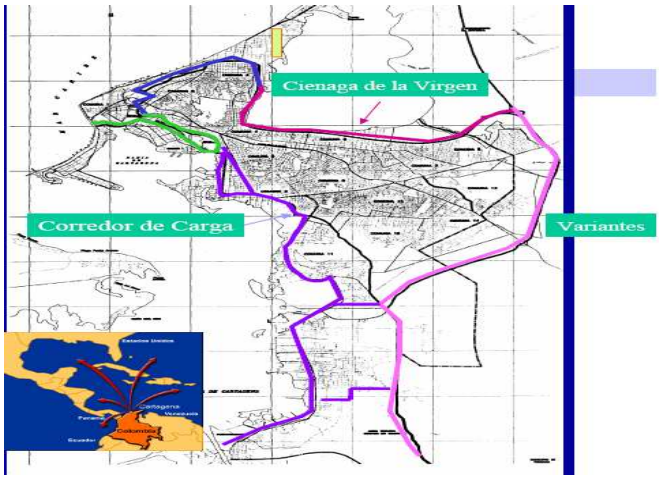
- Hospital Infantil Napoleón Franco Pareja: Aunque no es una entidad pública es una entidad sin ánimo de Lucro, tradicionalmente ha venido atendiendo la población pediátrica del Distrito de Cartagena y ofrece la capacidad instalada para la prestación integral a este grupo poblacional.

Infraestructura vial y de transporte: la malla vial de Cartagena se compone de un sistema de vías principales, que bordean la costa e integran a los diferentes sectores de la ciudad entre sí. Su estado es regular, pues sólo las vías principales están pavimentadas y los accesos a los barrios, pero las vías secundarias, especialmente del sector popular, están en mal estado y dificultan el acceso y el transporte público. Los principales corredores viales y la tendencia de desarrollo, son los siguientes[143]*:*

- Ternera-Turbaco: el crecimiento de la ciudad se orienta hacia esta zona, en un proceso de conurbación con predominio del uso residencial, desarrollado éste en urbanizaciones de estratos bajos y medios y proyectos recreacionales.
- El Pozón-Bayunca: zona que tiende a la preservación de los usos agrícolas y ganaderos, junto a conjuntos de vivienda de estratos bajos, en la medida en que sea dotada de servicios públicos.
- Bayunca-Anillo Vial: en este corredor la tendencia es a crecer con sitios recreativos, institucionales (colegios), tierras de reserva y expansión de los poblados existentes.
- La Boquilla-Arroyo Grande: consolidación de los usos turísticos, hoteleros, recreativos e institucionales; conjuntos residenciales de estrato alto y tierras de reserva.
- Variante MAMONAL-Gambote: tendencia hacia el fortalecimiento de los usos agropecuarios e industriales, con posibilidades de que se establezcan estaciones de servicio al transporte.
- Variante MAMONAL-La Cordialidad: en este sector la tendencia no es muy manifiesta, por su reciente incorporación; se prevén desarrollos residenciales de estratos medios y bajos, tierras de reserva y posibles zonas de urbanizaciones subnormales.
- Ceballos-Pasacaballos: consolidación del uso industrial y portuario, densificación y expansión de los poblados existentes, con incremento de los conflictos ambientales y sociales.

[143] Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias. Decreto No. 0977 de 2001, "Por medio del cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Turístico y Cultural de Cartagena de Indias". Diagnóstico.186 Págs.

Figura 3-122 Sistema Vial de Cartagena



Fuente: MOVI-MAN. Movilidad Urbana URB – AL, Agosto de 2005

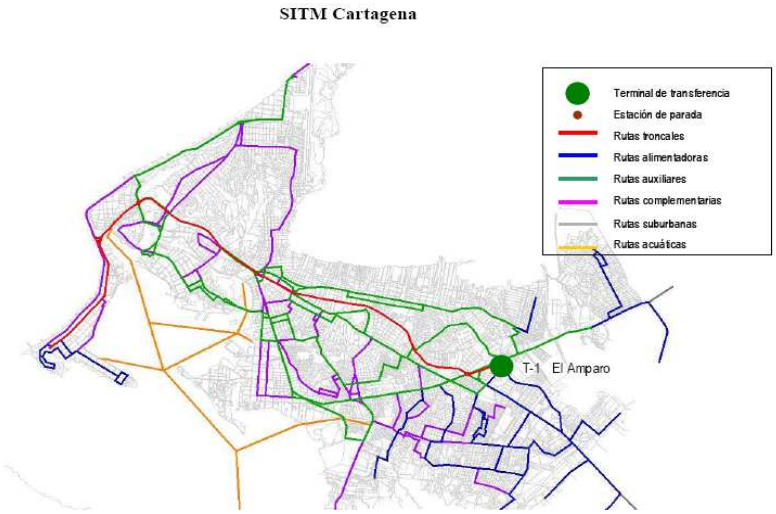
Así mismo, la vía al mar, de trafico liviano, conecta la ciudad en el eje Cartagena – Barranquilla – Santa Marta, que se extiende hasta la Guajira y a la frontera con Venezuela, promoviendo la accesibilidad para el turismo y la conformación del corredor de Caribe.

Proyecto de Sistema Integrado de transporte masivo: según el documento Conpes 3259: "El eje principal del transporte de la ciudad y la principal vía empleada por el transporte público Colectivo es la Avenida Pedro de Heredia donde se movilizan cerca de 300.000 viajes cada día… La oferta de transporte actual consiste en 52 rutas no jerarquizadas. En la práctica sólo 36 rutas están siendo servidas, las 16 restantes han sido abandonadas por las empresas o nunca han sido servidas. Las rutas actuales cuentan con un alto grado de superposición al circular el 90% de los vehículos por la Av. Pedro de Heredia. Estas rutas son operadas por 1.316 vehículos con edades que oscilan en su mayoría entre 13 y 20 años mientras que los estándares internacionales presentan 5 años. La longitud promedio de ruta es de 33 kilómetros y los vehículos recorren alrededor de 234 mil kilómetros al día. 73% de los vehículos utilizan gas natural como combustible, 21% ACPM y el 6% restante gasolina… Las rutas son operadas por 11 empresas de tipo afiliador. Se estima que en la actualidad la sobreoferta alcanza el 50% de los vehículos de transporte público… un promedio de dos pasajeros transportados por kilómetro recorrido, cuando se considera deseable un valor superior a cuatro, al menos en las principales rutas de la ciudad. Esta crítica situación afecta a los usuarios en forma directa al tener mayores tiempos de viaje, menor confiabilidad y tarifas elevadas en relación con el nivel de servicio que reciben. Así mismo, genera un costo social por el consumo innecesario de recursos escasos, altos índices de accidentalidad, emisiones de gases contaminantes y elevados niveles de ruido… Así mismo, por las características de territorio insular que tiene Cartagena, existe una importante movilización de pasajeros por medio acuático entre las zonas insulares de mayor población, como las islas de Tierrabomba y de Barú y la zona urbana institucional. La

movilización acuática es la única alternativa de transporte para los habitantes de estas localidades, así como para educadores o funcionarios que viven en Cartagena y se dirigen a desempeñar labores diversas en los centros poblados de Tierrabomba, Bocachica, Puntarena, Caño del Oro, Barú e Islas del Rosario. Las rutas que se han establecido regularmente, en los recorridos mencionados hacia Barú y Tierrabomba, no se encuentran legalizadas y obedecen a la atención desordenada de una demanda natural, generada por la necesidad de desplazamiento de los habitantes de las comunidades isleñas hacia las zonas urbanas y viceversa.”.[144]

[144] Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia. Departamento Nacional de Planeación. Documento Conpes 3259. Sistema Integrado del Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros del Distrito de Cartagena – TRANSCARIBE. Diciembre 15 de 2003.

Figura 3-123 Sistema Integrado de Transporte Masivo de Cartagena[145]



Fuente: Estudio para el Diseño Conceptual del SITM de Cartagena – TTC – GGT – SYSTRA – 2003.

Ante este panorama, en los planes de desarrollo se definió la implantación de un sistema de transporte masivo sobre el eje mencionado que contribuya de manera sostenible al crecimiento urbano proyectado, así como un elemento estructurante para la movilidad de la ciudad y se decidió implementar un Sistema de Transporte Masivo para la Ciudad de Cartagena (SITM).

El SITM"… está compuesto por la infraestructura, los buses, los equipos de recaudo y el centro de operación. La construcción y el mantenimiento de la infraestructura, así como el suministro y operación de los equipos del centro de operación estarán a cargo del titular del sistema (actualmente TRANSCARIBE S.A.). El Distrito de Cartagena es, a su vez, responsable de los gastos administrativos de TRANSCARIBE S.A. y del mantenimiento de la infraestructura del sistema que no sea cubierto por los ingresos de la actividad transportadora. El sector privado, a través del esquema legal que se determine, recibe el dinero recaudado y lo distribuye entre los agentes del sistema, conforme a las reglas contractuales establecidas en los procesos licitatorios. Los ingresos por la actividad transportadora deberán cubrir por lo menos la totalidad de los gastos de operación y mantenimiento del material rodante, reposición de buses y equipos de recaudo, y mantenimiento de la infraestructura troncal del sistema. Adicionalmente, esos ingresos deben cubrir el costo de eliminar la sobreoferta de vehículos (chatarrización) de transporte público existente en el Distrito y un porcentaje mínimo de la infraestructura requerida para el proyecto. Así mismo, el sector privado suministra y opera los buses, los equipos de recaudo, y los patios y talleres para el mantenimiento y estacionamiento de los buses,

[145] Duarte Guterman

generándose de esta forma un cambio trascendental en la estructura empresarial del transporte urbano en la ciudad que constituye, sin duda, uno de los beneficios más importantes de la implementación del SITM… La infraestructura consiste en: (i) un corredor troncal de 11,2 kilómetros de longitud (25,9 Km. de carriles izquierdos) en pavimento de alta resistencia, dotado de 23 estaciones en el separador centra…(ii) una terminal de transferencia en el lugar conocido como la bomba "El Amparo" de aproximadamente 16.000 m2; (iii) andenes con un ancho mínimo de 3,0 y 4,0 metros a lo largo del corredor, según la sección, que garantizarán el acceso peatonal al sistema; (iv) señalización horizontal y vertical; y, (v) patios y talleres, a cargo de los concesionarios troncales, para el parqueo y mantenimiento de los equipos. En algunas intersecciones críticas será necesaria la adecuación de la infraestructura (cierres o mejoramientos geométricos), construcción de pasos a desnivel o semaforización. El trazado del corredor troncal inicia en "El Amparo" por la vía La Cordialidad, continúa por la Avenida Pedro de Heredia hasta la Avenida Venezuela por la cual hace conexión con la Avenida Blas de Lezo y posteriormente con la Avenida Santander en carril exclusivo. El corredor cuenta con una extensión por la Avenida San Martín en carril preferencial hasta el Hotel Caribe… incluye la implantación de 3 rutas troncales, una ruta corriente desde la terminal de transferencia "El Amparo" hasta el centro, y una ruta expresa hasta el centro en el tramo del centro y Bocagrande (semiexpresa), 4 rutas auxiliares, 12 rutas alimentadoras, 15 rutas complementarias o remanentes y 7 rutas suburbanas. Así mismo, contempla 4 rutas acuáticas con 21 embarcaciones de flota operacional. ." [146]

Este SITM estaba proyectado par iniciar su operación en el 2006, pero por diferentes inconvenientes su construcción está retrasada en casi 1y ½ años y los sobrecostos superan el presupuesto inicial proyectado para el total de la obra, por razones que aún no han sido difundidas a la opinión pública.

Parque automotor[147]*:* La composición del parque automotor en Cartagena refleja que cerca del 70% del sistema de transporte público masivo de pasajeros en Cartagena durante el segundo trimestre de 2006 corresponde a buses y busetas corrientes. El 13% son buses intermedios y en menor proporción (7%) buses ejecutivos. Estas cifras no muestran variaciones significativas respecto al mismo periodo de 2005.

Por su parte, el número de pasajeros corresponde proporcionalmente a la distribución por tipo de vehículo, transportando aproximadamente el 73% los buses y busetas corrientes. En general, se ha observado una reducción gradual del número de pasajeros transportados, pasando de 539.038 en el primer semestre de 2003 a 524.399 en el correspondiente de 2006, mostrando una reducción de 14.639 pasajeros transportados diariamente por el sistema. Esta cifra es equivalente a una reducción de la demanda de 2,7% entre el primer

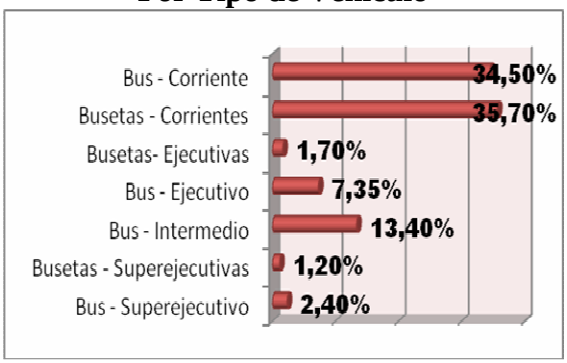
[146] Ibid. Documento Conpes 3259.
[147] Extractado de: Informe de Coyuntura Económica Regional Departamento de BOLIVAR. - ICER - Primer semestre de 2006. Convenio Interadministrativo No. 111 de abril de 2000. Octubre de 2006. 36 Págs.

semestre de 2003 y el primer semestre de 2006. Son cupos que probablemente han sido sustituidos por otras modalidades de transporte como las mototaxis y los colectivos.

Este fenómeno es sistemáticamente observado en todas las ciudades principales de la Región Caribe. En la región el total de pasajeros se redujo en este periodo el 13,2%, mientras que en el resto del país fue del 1,6%, lo cual refleja la problemática observada en las capitales de la región con el fenómeno del mototaxismo.

Figura 3-124 Composición del parque automotor de Cartagena[148]

Por Tipo de Vehículo



Pasajeros Transportados diariamente

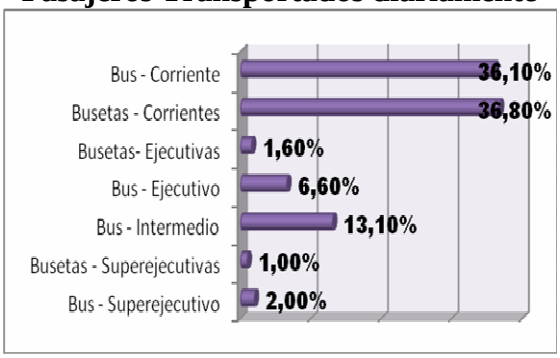
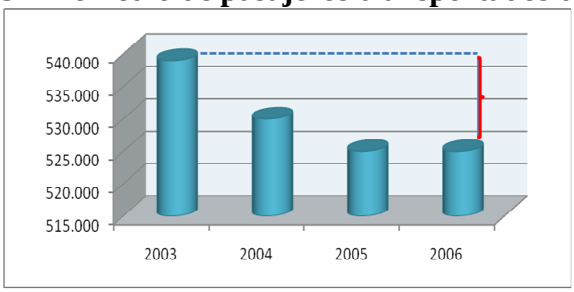


Figura 3-125 **Promedio de pasajeros transportados diariamente**



Fuente: DANE.

En relación con las tarifas, para buses, busetas y colectivos el costo promedio del pasaje por persona es de $1.000 y de $4.000 para taxis. Las mototaxis, que surgieron ante la falta de empleo e inicialmente como solución ante la poca cobertura de transporte en los barrios populares, operan especialmente entre los barrios de la ciudad y en los corregimientos, cobran un valor promedio de $1.500 en la zona urbana, el cual varía de acuerdo con el destino final del pasajero.

Transporte aéreo: En la ciudad de Cartagena funciona el Aeropuerto Internacional Rafael Núñez, al cual arriban vuelos comerciales y privados, nacionales e internacionales, a través

[148] Información del segundo semestre del 2006

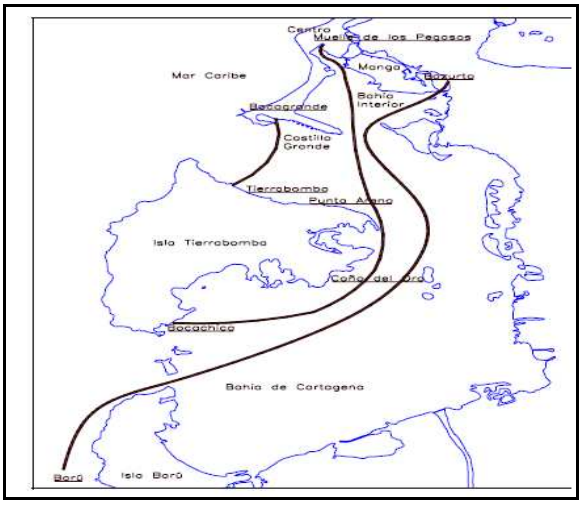
de empresas aéreas comerciales como: Avianca, Aerorepública, Aires, Copa Airlines, American Airlines y Air Madrid, que tienen oficinas en la ciudad.

Transporte ferroviario: En la ciudad no existe transporte férreo, la red más cercana es la de Santa Marta, creada para transportar carbón, principalmente.

Transporte Fluvial: Existen una serie de empresas privadas y pescadores que prestan el servicio de transporte marítimo y fluvial local, especialmente ofreciendo paquetes turísticos recreativos hacia el archipiélago y las islas de San Bernardo, Barú y Tierrabomba. Los costos varían por persona y destino, pero en promedio para las islas el costo es de $30.000.

El transporte fluvial se realiza exclusivamente por el Canal del Dique, que posee 114 Km. navegables por embarcaciones mayores y conecta la ciudad de Cartagena con el río Magdalena. Los productos que más se transportan por el río Magdalena y por el canal del Dique son hidrocarburos y carbón.

Figura 3-126 Localización conceptual de rutas de transporte acuático



Fuente: DNP – Documento Conpes 3259

Servicios Públicos: en términos generales, la ciudad de Cartagena presenta una cobertura media-alta en cuanto a servicios públicos, pero es claro que la zona 1 y la zona 3 – áreas de interés turístico e industrial – son las que tienen mejor calidad y mayor cobertura. A continuación se expone la situación según las localidades del Distrito:

Tabla 3-73 Cobertura de los Servicios Públicos según localidades de Cartagena

Localidad	Energía	Acueducto	Alcantarillado	Gas Natural	Telefonía
Localidad 1	99,25%	95,28%	93,01%	90,90%	59,31%
Localidad 2	98,20%	88,77%	61,67%	78,72%	36,05%
Localidad 3	99,12%	94,65%	84,84%	86,36%	48,20%
Área Rural	95,70%	40,50%	4,50%	44,20%	9,40%
Área Urbana	98,86%	92,90%	79,84%	85,32%	47,85%
Promedio Cartagena	98,07%	79,80%	61,00%	75,05%	38,24%

Fuente: Oficina de Seguridad Social del Departamento Administrativo del Distrito turístico y Cultural de Cartagena de Indias – DADIS. Corte a mayo del 2006.

Llama la atención la baja cobertura en el área rural de los sistemas de acueducto (40,5%) y de alcantarillado (4,5%). En telefonía, el cubrimiento apenas llega al 9,4%. Las diferencias en cobertura de los servicios se hacen más críticas si se considera que las áreas rurales están en un rango de 20 km. de distancia promedio frente al centro poblado. A continuación se detalla la situación de los servicios públicos:

Acueducto[149]: toma como fuente de agua superficial la proveniente de los sistemas lagunares del Canal del Dique. La operación del servicio a cargo de Aguas de Cartagena arroja importantes resultados en cuanto a cobertura: al inicio tenían 92.572 suscriptores, a junio 30 de 2006 alcanzan los 172.746 suscriptores. El 56% de los nuevos usuarios pertenecen al estrato 1, el 28% al estrato 2 y el 6% al estrato 3. Así mismo, el índice de agua no contabilizada al inicio era del 60%, hoy alcanza el 44,4%. En la continuidad del servicio, se pasó del 60% en 1995 a cerca del 100% en el 2004, con un tiempo medio de respuesta a daños en la red de 0,68 días.

Alcantarillado[150]: este sistema tiene menores niveles de cobertura y su ausencia es el factor de mayor impacto sobre la calidad de los ecosistemas hídricos de la ciudad. Su estructura queda enmarcada por la topografía plana de la ciudad, dividiéndose en dos grandes vertientes que disponen las descargas a los dos mayores cuerpos de agua de la ciudad, la Bahía de Cartagena y la Ciénaga de la Virgen. La conducción de aguas residuales se realiza mediante un complejo sistema conformado por 27 estaciones de bombeo y varias estaciones elevadoras, interconectadas al sistema de redes, que cuenta con varios diámetros, oscilando entre los 150 y 2.000 mm. Toda la operación de bombeo depende del suministro de energía eléctrica y por ello el sistema es vulnerable.

La descarga de las aguas negras sin tratamiento previo a los dos cuerpos de agua, ha ocasionado serios costos ambientales, con la afectación que se evidencia en los niveles de morbilidad de la población residente en las orillas de la Bahía de Cartagena y de la Ciénaga de la Virgen. Hasta hace poco tiempo, a la Bahía llegaba un caudal de aguas negras de

[149] Aguas de Cartagena - ACUACAR. Evolución y Logros en Once Años de Gestión 1995-2006. Cartagena de Indias: 2006.
[150] Ibid.

38.200 m³/día aproximadamente y a la Ciénaga de la Virgen un caudal aproximado de 63.600 m³/día. Adicionalmente, a la Ciénaga de la Virgen llegan, por conexiones ilegales a los canales pluviales, las aguas servidas de las áreas circundantes, generándose un serio problema por el impacto ambiental en las áreas urbanas de la zona suroriental de la ciudad.

De una cobertura del 60,6% en 1995, se ha logrado una cobertura del 78,55% en junio de 2006. El número de usuarios era de 77.553 en 1995 y a junio de 2006 alcanzaba los 135.958151. Ello se ha logrado mediante la instalación de 404 km. de nuevas redes, para un total de 946,4 km. de redes en la ciudad. El 36% de los nuevos usuarios pertenecen al estrato 1, el 44,7% al estrato 2 y el 9,4% al estrato 3, lo que muestra que ésta ha sido una inversión netamente social. Como se mencionó, prácticamente en zona suburbana y rural no existen redes domiciliarias de alcantarillado.

Energía eléctrica[152]. El sistema eléctrico de Bolívar atiende su demanda interna, de aproximadamente 270 MW, a través del sistema de interconexión nacional, de compra en bloque en la Bolsa de Energía y de la generación de Termocartagena (180 MW) y Proeléctrica (90 MW). En la subestación Ternera, el sistema de Bolívar se conecta a Sabanalarga y Termocartagena, a un nivel de tensión de 220 KV, conformando lo que se conoce como anillo a 220 KV. De acuerdo con la información del documento Indicadores Sociales de Cartagena, el número de usuarios de energía eléctrica en el 2005 fue de 153.258. El sector residencial registra una participación del 94,1%.

Gas natural. El servicio de gas natural domiciliario lo presta la empresa de servicios públicos SURTIGAS S.A. ESP., empresa privada que atiende usuarios residenciales y no residenciales (comerciales e industriales). En la actualidad la empresa declara una cobertura total del 97%, con 136.649 usuarios, donde la mayor dinámica de crecimiento la ha presentado el sector residencial, quienes representan el 98,8% del total de usuarios del servicio. Los estratos 1 y 2 representan el 61% del total de usuarios de la ciudad.

Telecomunicaciones. Actualmente la ciudad cuenta con una compañía operadora del servicio telefónico fijo, que es el consorcio TELECARTAGENA – COLOMBIATELL para telefonía local. TELECOM – Telefónica es operador de larga distancia y hay tres empresas privadas de telefonía celular. Adicionalmente, Avantel ofrece una cobertura adicional con sistemas de comunicación vía radio.

Vivienda: de acuerdo con la información suministrada por el DANE, en la actualidad el Distrito cuenta con 183,255 viviendas en el área urbana y alrededor de 14.000 viviendas en el área rural; de éstas, las urbanas representan el 34.7% que se encuentran en zona de alto

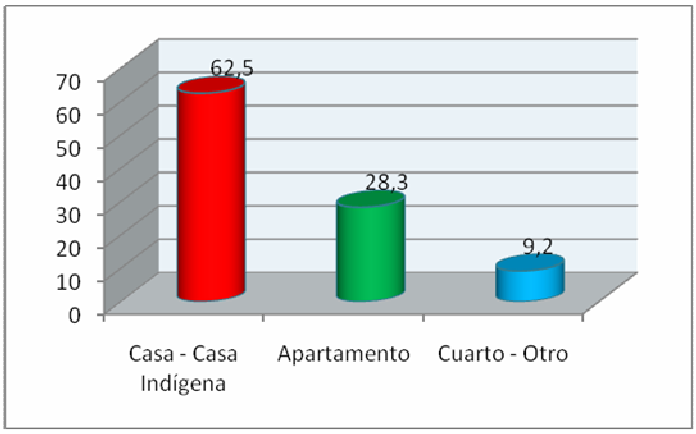
[151] Ibid
[152] Banco de La República, Cámara de Comercio de Cartagena; Observatorio del Caribe Colombiano. Universidad Jorge Tadeo Lozano - Seccional Caribe y Universidad Tecnológica de Bolívar; Indicadores sociales de Cartagena, 1er semestre de 2005.

riesgo o no tienen legalizada la tenencia, lo que significa que son barrios de invasión carentes de varios servicios básicos.

El Distrito de Cartagena de Indias ha venido padeciendo de un déficit acumulativo en lo que se refiere a la vivienda de interés social (VIS), éste se ha ido incrementando en los últimos años, debido a que la oferta no alcanza a absorber la demanda generada por el crecimiento natural de la población, dado fundamentalmente por la falta de suelos urbanizados. Se presenta un déficit habitacional de 61.976 viviendas en los estratos 1 y 2. La distribución de viviendas por localidad es la siguiente:

- ***Localidad Histórica y del Caribe Norte*:** posee 63.561 viviendas de las cuales 59.847 están en el área urbana y 3.714 rural.
- ***Localidad de la Virgen y Turística:*** posee 49.407 viviendas de las cuales 44.235 están en el área urbana y 5.172 rural.
- ***Localidad Industrial y de la Bahía*:** posee 55.865 viviendas de las cuales 53.102 están en el área urbana y 2.763 rural.

Figura 3-127 Tipo de vivienda

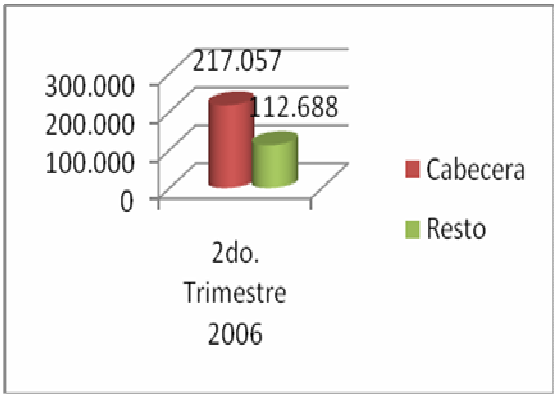


En la ciudad de Cartagena, se conserva la casa como estructura básica habitacional, aunque en el sector norte - localidad 1, las construcciones han crecido verticalmente, edificios de apartamentos que han desplazado paulatinamente a las casas, para brindar mayor capacidad en menos espacio.

Fuente: DANE. Censo 2005.

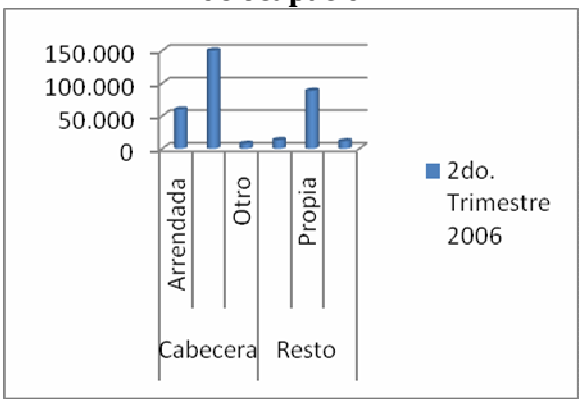
Tanto a nivel urbano como a nivel rural, la mayoría de la población es propietaria de las viviendas que habita (149.813 urbano vs. 88.359 rural), mostrándose, además, un incremento moderado en el stock de viviendas, lo cual corresponde al auge de proyectos en construcción.

Figura 3-128 Stock de Vivienda por ubicación



Fuente: DANE.

Figura 3-129 Stock de vivienda por tipo de ocupación



Fuente: DANE.

Durante la Mesa de Trabajo "Necesidades de Vivienda en Cartagena", realizada en diciembre de 2006 como parte del programa "Cartagena, Cómo Vamos", se presentaron los resultados de un estudio realizado en la ciudad, donde el 69% de los encuestados manifiesta que la oferta de vivienda para arrendar está por encima de la capacidad económica de la familia, el 35% de los encuestados manifiestan que no han comprado vivienda porque no tienen la capacidad económica suficiente para pagar la cuota inicial, evidenciándose la diferencia entre la oferta de vivienda nueva y la capacidad de la demanda, especialmente en la vivienda de interés social (VIS). La mesa plantea que no se han materializado avances en términos de legalización, mejoramientos o construcción de viviendas, según lo establecido en el Plan de Desarrollo del Distrito; hay proyectos de vivienda de la anterior administración, otros están suspendidos y no se ha logrado la adecuación de terrenos entre otros problemas.

Recreación y Deportes. La recreación en Cartagena, depende del estrato social, pero en general hay una serie de espacios comunes a los que acuden todos sus habitantes: En primer lugar están las playas que rodean a la ciudad y que sirven de esparcimiento a sus habitantes. Las discotecas, bares, tabernas, teatros, salas de cine, museos y en general, la infraestructura histórica de la ciudad es aprovechada para recrearse.

Más que un espacio, los cartageneros disfrutan de actividades como el baile, el béisbol, el fútbol y los deportes acuáticos, aunque estos últimos están más reservados para los turistas por los altos costos que tienen.

Cartagena cuenta con una Unidad Deportiva de importancia distrital conformada por los estadios de fútbol, béisbol, softbol y la Plaza de Toros. Estas obras de importancia arquitectónica y urbanística no se encuentran integradas y carecen de un tratamiento de espacio público que las vincule a su entorno urbano, eleve la calidad del mismo y la incorpore de una manera funcional a las actividades de la ciudad. También, el Distrito

cuenta con 147 escenarios deportivos en el área urbana y 7 escenarios deportivos en los corregimientos, lo que genera una concentración del mayor déficit en el área rural

Medios de Comunicación: En la ciudad de Cartagena es posible encontrar todo tipo de medios de comunicación, especialmente por su diversidad cultural y porque desde los colegios, con el respaldo del Ministerio de Educación, se ha fomentado la implementación de emisoras, periódicos y canales de televisión como estrategia de integración, recreación y fortalecimiento cultural.

- *Prensa:* El periódico "El Tiempo" es uno de los diarios de mayor circulación y trayectoria a nivel nacional, que se distribuye también en Cartagena. También encontramos otros periódicos de circulación nacional, como "El Colombiano", "El Espacio", "El País", "Hoy" y otros magazines, pues al ser zona turística con visitantes permanentemente, hay demanda para periódicos de toda la nación e internacionales, como "The New York Times", por ejemplo. el periódico local de mayor circulación es el diario "El Universal", fundado en 1948, con amplia aceptación y respaldo, seguido por el periódico "La Verdad", que también es producido en la ciudad. A nivel regional, el periódico de mayor circulación es "El Heraldo", fundado en 1993, producido en Barranquilla. Existen varios periódicos comunitarios que tratan temas diversos de carácter puntual y otros publicitarios que reciben pauta de los diferentes negocios, especialmente en la zona de Bocagrande, Manga y otros sectores. También hay periódicos universitarios, como "El Cartero" de la Universidad Tecnológica de Bolívar, aunque su circulación es digital, a través de Internet. Hay otros producidos por el sector solidario, no gubernamental, como el de la ANDI – Fundación MAMONAL, que tienen circulación restringida y va dirigida a públicos específico; se distribuyen en ciertas zonas de la ciudad, pero no llegan a difundirse ni a tener impacto general en la población.
- *Revistas:* En la ciudad circulan varias publicaciones nacionales e internacionales, y otros de carácter cultural, que han avanzado hacia la producción de revistas y otras publicaciones de difusión de las actividades culturales, exposiciones de arte, conciertos, museos y demás sitios históricos, como "La Traviatta", por ejemplo y otras que tienen circulación digital, en Internet.
- *Radio*: En Cartagena hay una serie de emisoras que transmiten desde la ciudad y que están divididas entre emisoras comerciales, comunitarias y culturales. En total se cuentan alrededor de 27 emisoras en la ciudad. Entre las emisoras comerciales encontramos: Rumba estéreo, Tropicana estéreo, La Vallenata, La Mega, La X, Amor estéreo, entre otras. Transmiten por AM, FM y ahora por Internet.
- *Emisoras comunitarias*: Difunden la música y la cultura local, resaltando, por ejemplo, los ritmos musicales auténticos como la champeta, son aún más escuchadas, pero su radio de acción es más limitado al tener tecnología precaria. Entre ellas encontramos: NMCC de la red nacional de emisoras comunitarias, La Palenquera, etc. Algunas operan sin licencia del Ministerio de Comunicaciones.

- *Televisión*: La televisión de radiodifusión abierta de cubrimiento regional se inició en 1985, bajo una coyuntura política de descentralización, bajo la cual se creó TELECARIBE, como canal regional de la zona y transmite desde Barranquilla. La administración, programación y comercialización de TELECARIBE se hace en forma descentralizada e independiente de la televisión pública nacional, a pesar de que el operador público -Inravisión- es socio en la mayoría de éstos. La programación hace énfasis en contenidos y temas de origen e interés regional, orientados al desarrollo social, económico y cultural de la región donde opera. Dentro de la modalidad de televisión por suscripción, se cuenta con TELECARTAGENA cuyo principal objetivo es desarrollar una programación propia y un servicio a la comunidad.

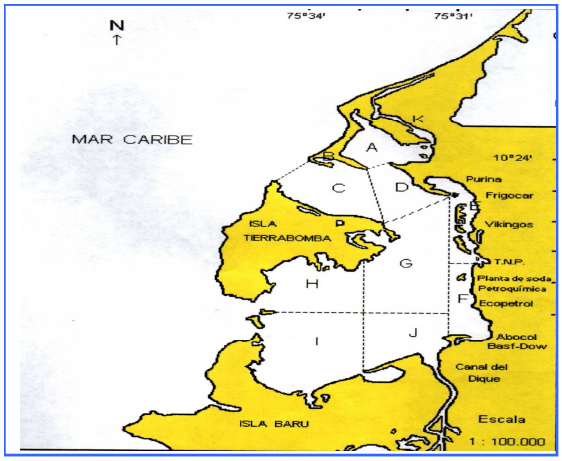
Área de influencia directa

La zona industrial de Mamonal es considerada una de las zonas industriales más importantes del país, en la que se localizan más de 150 grandes y medianas empresas (industriales, de comercio, portuarias y de prestación de servicios), las cuales generan cerca del 5% del PIB industrial del país, más del 15% de las exportaciones manufactureras del país y tienen más del 40% del PIB de Cartagena[153]. Estas empresas generan un total de 23.100 empleos directos en Cartagena. Si bien puede parecer que esta cifra no es significativa, hay que considerar que éstos son empleos formales, cuando las estadísticas del DANE registran que el 65% de la población ocupada en Cartagena corresponde a sectores informales de la economía, en la prestación de servicios y actividades de comercio[154]. Los empleados que allí trabajan, permanecen en la zona únicamente en horarios laborales y su sitio de residencia se ubica en las zonas residenciales de Cartagena.

El área de Mamonal es de 14 kilómetros a lo largo de la Bahía de Cartagena y cuenta con un área aproximada de 3,100 hectáreas. Esta zona industrial limita por el norte con la ciudad de Cartagena (barrios Santa Clara, Campestre y Bellavista), por el sur con el corregimiento de Pasacaballos, por el oeste con la Bahía de Cartagena y por el este con algunos barrios aledaños como Membrillal. Se ubica en la localidad 3, "Localidad Industrial y de la Bahía" según la conformación de comunas administrativas del distrito de Cartagena.

[153] http://www.proexport.gov.co
[154] Banco de La República y DANE Informe de Coyuntura Económica Regional – ICER – del Departamento de Bolívar. Primer semestre de 2006. Convenio Interadministrativo No. 111 de abril de 2000 (Banco de la República-DANE). Bogotá: octubre de 2006.

Figura 3-130 Localización de la Zona Industrial de Mamonal



Fuente: CIOH.

A continuación, se relacionan las principales empresas industriales localizadas en la zona industrial de Mamonal, según la principal actividad económica que desarrollan.

Tabla 3-74 Principales empresas ubicadas en la Zona Industrial de Mamonal

SECTOR	EMPRESA	SECTOR	EMPRESA
Fabricación de sustancias y productos químicos	Abonos Colombianos S.A. - ABOCOL	Fabricación y comercialización de alimentos	Atunes de Colombia - ATUNCOL
	Fábrica Nacional de Oxígeno S.A. - AGA-FANO		CI. Océanos S.A.
	Aventis Cropscience Colombia S.A.		CI. Vikingos de Colombia S.A. - VIKINGOS
	Biofilm SA.		Indupollo S.A.
	CABOT Colombiana S.A.		Malterías De Colombia S.A.
	DEXTON S.A.	Prestación de servicios portuarios	Algranel S.A.
	DOW Química De Colombia SA		Compañía Colombiana de Terminales SA
	ECOLAB Colombia S.A.		Terminal de Contenedores de Cartagena - CONTECAR
	Industrias Químicas Real S.A. - IQR		Terminal Marítimo Muelles El Bosque S.A.
	Novartis de Colombia		Astilleros Vikingos S.A. - ASTIVIK
	Albright & Wilson Paad Ltda - PAAD	Prestación de Servicios Logísticos	Integral De Seguridad S.A.
	Petroquímica Colombiana S.A. - PETCO		Organización WACKENHUT de Colombia S.A.
	POLYBAN Internacional S.A.		Vigilantes Marítima Comercial Ltda.
	POLYBOL Ltda.		VISE
	Polipropileno del Caribe S.A. - PROPILCO		Zona Franca Industrial De Bienes Y Servicios De Cartagena - ZOFRANCA
Fabricación de cemento	ARGOS S.A.		Servicios Técnicos Colombiana Ltda. - K&M
	Colombiana de Clinker S.A. - COLCLINKER	Generación, distribución y comercialización en servicios públicos	Termoeléctrica De Cartagena -TERMOCARTAGE NA
Fabricación de productos minerales	LAMITECH S.A.		Electrificadora De_La_Costa_S.A. - ELECTROCOSTA
Fabricación de productos metálicos	Hojalata y Laminados S.A. – HOLASA		Promotora de Energía Eléctrica de Cartagena - PROELECTRICA
	Ajover		CARTAGAS S.A.
	Indufrial		PROMIGAS S.A.
Fabricación de productos plásticos	VAN LEER Envases de Colombia S.A.		Surtidora de Gas SA. ESP. - SURTIGAS
Fabricación de textiles	Curtiembres Exportadora Colombiana Matteucci		ESSO Colombiana Ltda
Fabricación de papel	CELLUX Colombiana S.A.		CIUDAD LIMPIA
Intermediación Servicios de Comercio Exterior	IMEX S.A	Comercialización de productos a nivel nacional e internacional	Comercializadora Internacional SA - CI. ANTILLANA
			C.I. COMEVA

Fuente: CIOH-UNOPS, 1997.

Es de anotar que algunas de las empresas de la zona están implementando sistemas de generación de energía, tratamiento de aguas y manejo de residuos alternativos, con el fin de optimizar al máximo el uso de los recursos y generar dinámicas empresariales ambientalmente sostenibles. Sin embargo, ésta no es una situación generalizada y la mayoría dependen de la prestación de servicios públicos de las empresas municipales, donde la cobertura es del 100% para el Área. También, es del caso señalar que Mamonal cuenta con servicios industriales colectivos como el Convenio de Producción Limpia (suscrito en 1993), el Grupo de Protección y Vigilancia, el Sistema APELL o Plan Unificado de Manejo de Emergencias Tecnológicas y conformación de grupos para la formación de Talento Humano, entre otros, muchos de los cuales están liderados por la ANDI – Fundación Mamonal (cuentan con 49 empresas afiliadas).

La cobertura de servicios públicos del área industrial de MAMONAL es del 100%. El servicio de acueducto lo presta la empresa Acuacar S.A., el servicio de energía eléctrica es suministrado por Termocartagena y Proeléctrica, que suministran el servicio en el municipio en general. El servicio de saneamiento es igualmente prestado por Acuacar S.A., y la telefonía, es prestada por una compañía operadora del servicio telefónico fijo, que es el consorcio TELECARTAGENA – COLOMBIATELL para telefonía local; y TELECOM – Telefónica es el operador de larga distancia. Además, se cuenta con los servicios de las tres empresas privadas de telefonía celular.

La Zona Industrial de Mamonal se constituye sin duda alguna en la zona que jalona la economía, no solo de Cartagena, sino del Caribe colombiano y en parte la del país, pues adicionalmente están las zonas francas y los puertos, por donde ingresa y se exporta gran cantidad de productos e insumos para la industria nacional e internacional.

En vista que es una zona industrial, los empleados que allí trabajan, permanecen en la zona únicamente en horarios laborales y su sitio de residencia se ubica en las zonas residenciales de Cartagena, en todas las localidades. Las empresas cuentan con la respectiva afiliación al sistema de Seguridad Social, Riesgos Profesionales, y demás obligaciones de ley para cumplir con la cobertura correspondiente a la seguridad y salud de sus empleados. De ahí que para la atención en salud, se acuda a los centros hospitalarios del municipio de Cartagena, autorizados por cada una de las Empresas Promotoras de Salud, Instituciones Promotoras de Salud y las Administradoras de Riesgos Profesionales, según las afiliaciones correspondientes.

3.4.3 Dimensión económica

Área de influencia indirecta

Es importante resaltar que los estudios económicos sobre la región del Caribe han apuntalado al corredor Santa Marta-Barranquilla-Cartagena como el eje estratégico para la competitividad del país, en el contexto de la globalización. Este corredor concentra más del

50% del PIB regional y también el 50% del total de la carga portuaria del país[155]. El desarrollo económico de Cartagena está asociado a tres sectores: la industria, el sector portuario y el turismo y prácticamente otros sectores dependen en buena medida de las dinámicas que generen estos.

Empleo: Según datos del 2005, la población en edad de trabajar – PET (mayores de 12 años) en Cartagena representaba el 75.2% (723 mil) del total de la población. De este grupo, el 58.1% (420 mil) son población económicamente activa (PEA). El 41.61% de la PEA se encontraba empleada y el 14.58% estaba desempleada; el subempleo en Cartagena representó el 28.61% de la PEA[156].

Tabla 3-75 Descripción general del mercado laboral en Cartagena, 2005

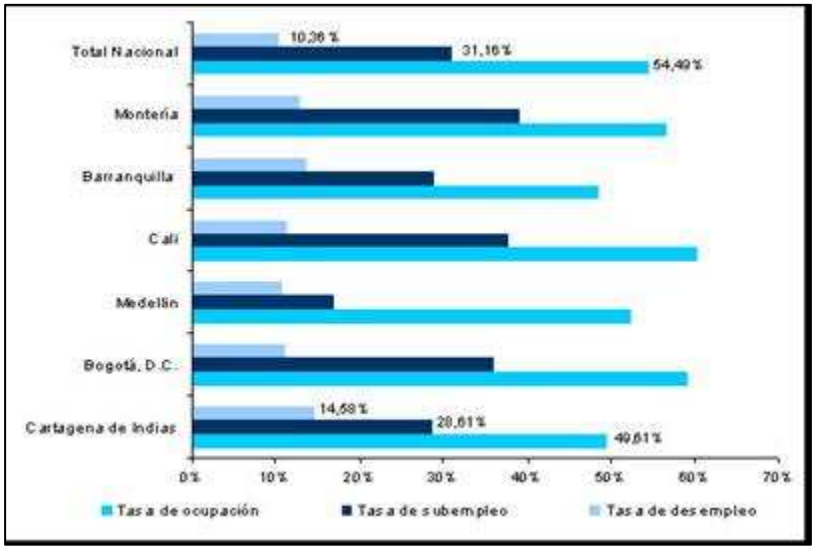
Concepto	Cartagena (Miles)	Participación
Población total	962	
Población en edad de trabajar	723	75,12%
Población económicamente activa	420	43,63%
Ocupados	359	37,27%
Desocupados	61	6,36%
Abiertos	57	5,90%
Ocultos	4	0,46%
Inactivos	303	31,50%
Subempleados	120	12,48%
Insuficiencia de horas	14	1,48%
Empleo inadecuado por competencias	14	1,43%
Empleo inadecuado por ingresos	118	12,28%

Fuente: DANE - Encuesta Continúa de Hogares –ECH, tomado de http://www.proexport.gov.co

En el año 2005, la tasa de desempleo de Cartagena se ubicó en 14.58%, mientras que en ciudades como Bogotá, Medellín, Barranquilla, Montería y Cali, esta misma tasa obtuvo un mejor desempeño ubicándose en niveles más bajos.

[155] VILORIA DE LA HOZ, Joaquín. Ciudades portuarias del Caribe colombiano: propuestas para competir en una economía globalizada. En: Documentos de Trabajo sobre Economía Regional. No. 80. Cartagena de Indias: Banco de la República y Centro de Estudios Económicos Regionales (CEER), noviembre de 2006.
[156] http://www.proexport.gov.co

Figura 3-131 Mercado laboral en principales ciudades, 2005

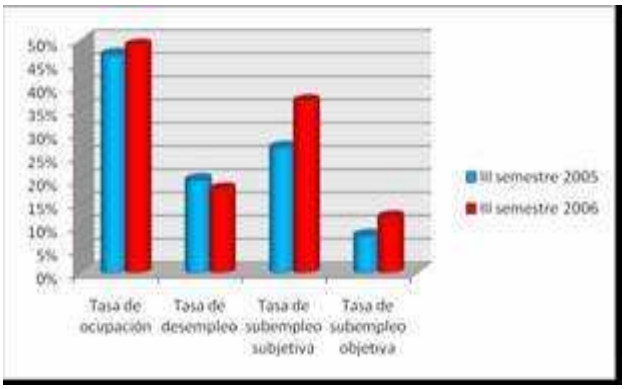


Fuente: DANE - Encuesta Continúa de Hogares –ECH, tomado de http://www.proexport.gov.co

En el año 2006, la tasa de ocupación aumentó al 47.4%, con 351.439 personas ocupadas. En el último año, Cartagena generó 18.687 puestos de trabajo. La tasa de desempleo fue del 16.4%, con 36.026 personas desempleadas. La tasa de subempleo subjetiva es del 11%. Esto último implica que parte de los empleados adicionales se ocuparon en algún puesto que no satisface sus expectativas. De los 123 mil subempleados: 118 mil son inconformes con los ingresos que obtienen, 43 mil manifiestan que desempeñan oficios que no concuerdan con sus capacidades y 17 mil afirman que trabajan pocas horas[157].

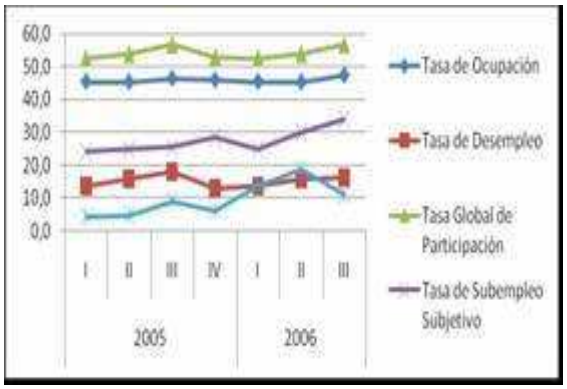
[157] Cámara de Comercio de Cartagena. Informe Económico Anual de la jurisdicción, 2006. Cartagena de Indias, Enero de 2007. 27 páginas. ISSN 1909-0617.

Figura 3-132 Principales Indicadores Laborales. Tercer trimestre



Fuente: Diseño Investigaciones Económicas DANE-ECH

Figura 3-133 Tasas de Ocupación, Global de Participación, Desempleo y Subempleo trimestrales



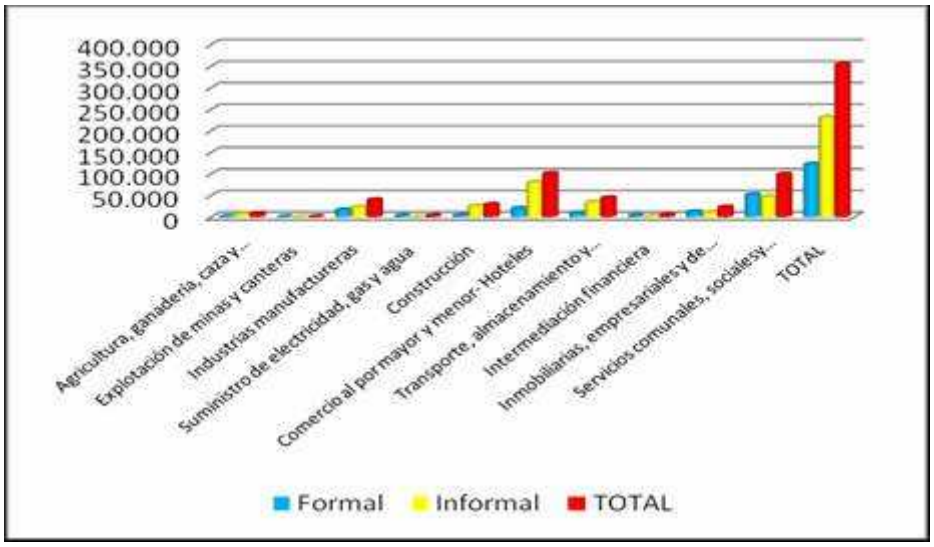
Fuente: Cámara de Comercio de Cartagena[158].

Sin embargo, con respecto a 13 ciudades y áreas metropolitanas del país, Cartagena registra uno de los peores indicadores laborales del país, siendo la segunda ciudad con el desempleo más alto, superada solo por Ibagué, y con la tasa de ocupación más baja, junto a Manizales[159].

En cuanto a la ocupación por sectores económicos, la siguiente gráfica ilustra la situación para Cartagena:

[158] Departamento de Investigaciones Económicas con base DANE - ECH, 2007
[159] Ibid.

Figura 3-134 Población Ocupada, formal e informal, según rama de actividad 2006



Fuente: DANE.

La mayor parte de la población ocupada se desempeña en el sector informal (65,28%), mientras que solo el 34,62% hace parte del sector formal de la economía. La mayor parte de la población ocupada es independiente (52,25%), siguen los obreros y los empleados particulares (29,02%). El sector comercial y hotelero es la principal fuente de empleo, reuniendo el 28,4% del total de empleados, seguido del sector servicios comerciales, sociales y personales con el 28,1%. El sector de transporte concentra el 14% y el industrial concentra el 12% de los empleos.

Así las cosas, se observa un alto índice de informalidad en el empleo de Cartagena, lo cual se traduce en menores condiciones de vida y explica la alta tasa de cobertura del régimen subsidiado en salud – SISBEN, con casi el 74% de la población total de Cartagena.

Toda la industria manufacturera de la ciudad generó el año pasado 40.154 empleos, de estos 16.721 son formales. A su vez, el sector de transporte, almacenamiento y comunicaciones generó otros tantos (44.513 empleos), donde 9.954 fueron formales. Por lo tanto, la zona industrial y portuaria de Mamonal contribuye con cerca del 87% de la ocupación formal de la ciudad.

Comercio exterior: a nivel del comercio exterior, cada una de las ciudades del eje Caribe presenta un grado de especialización en relación al transporte de carga: Cartagena tiene un crecimiento asociado al tráfico de contenedores (trasbordo), Barranquilla como terminal multipropósito y Santa Marta se asocia al transporte a granel y del carbón. Del total exportado por el país en el 2006, el 61,7% salió por los puertos de la Costa Caribe,

ocupando Cartagena el primer lugar al representar el 44,1% del valor total, con un incremento del 13,4% respecto al mismo período de 2005[160]. A marzo del 2006, el INCO tenía en trámite seis concesiones para construir o ampliar terminales portuarios en Cartagena, de un total de 18 en el país (el 30%)[161].

Según registros del 2006, las exportaciones de la Costa Caribe totalizaron US$ 6.218 millones, con un crecimiento del 16,3% respecto al año 2005, representando el 25,5% del total nacional[162].

Las exportaciones del departamento de Bolívar se concentran en la industria de químicos industriales, que representan el 66,9%. Otros sectores importantes son los de plásticos, otros minerales no metálicos, fabricación de productos alimenticios, industrias metálicas básicas de Hierro y acero y comercio al por mayor, los cuales agruparon el 26,3% de las exportaciones de Bolívar, mientras que el resto de actividades económicas representan el 6,9%.

Figura 3-135 Exportaciones de Bolívar según actividades económicas, 2006*



Fuente: Cálculos y Diseño Investigaciones Económicas con base en cifras de la DIAN – SIEX[163]

Las exportaciones no tradicionales ascendieron a US$ 2.392 millones FOB, con crecimiento 8,4%. Los grupos de productos de mayor monto exportado fueron: plásticos y sus manufacturas (US$ 671 millones FOB y 13,9% de crecimiento), los productos diversos de la industria química (US$ 178 millones, -7,4%), los animales vivos de la especie bovina (US$ 145 millones, 3,5%), bananos (US$ 131 millones, 5%), pescados, crustáceos y moluscos (US$ 112 millones, -8,4%) y cementos (US$ 104 millones, 4,7%). En conjunto

[160] http://www.proexport.gov.co
[161] VILORIA DE LA HOZ, op cit.
[162] http://www.proexport.gov.co
[163] Cifras a Septiembre de 2006

estos productos contribuyen con el 21,6% del total exportado por la región Caribe y el 56,6% de las exportaciones no tradicionales.

Las importaciones por su parte muestran una dinámica creciente sostenida desde el año 2004 en los tres primeros trimestres, alcanzando un crecimiento medio de 55,8% entre los periodos de referencia. Como se puede apreciar, para los tres primeros trimestres del año 2006 las importaciones crecieron 45,7% frente al registro del mismo periodo en el 2005 alcanzando US$ 1.534 millones de dólares, que a su vez representan el 95,5% del total de las compras al extranjero durante todo el año 2005, con lo cual las importaciones llega a ser 1,9 veces superiores al registro de exportaciones en el periodo enero – septiembre del 2006.

Las importaciones muestran una gran concentración en la industria de Químicos industriales (42,6%), le sigue maquinaria eléctrica (13,6%). Siguen sectores como refinería de petróleo, maquinaria excluida la eléctrica, material de transporte, metálicas básicas de Hierro y acero, metalmecánica excluida maquinaria, otros químicos, y diversos y no clasificados, que representan en conjunto un 34,5% de las importaciones del departamento, mientras que el resto de sectores importadores representan un 9,2% de las compras al extranjero.

Figura 3-136 Importaciones de bolívar según actividades económicas[164]



Fuente: Cálculos y Diseño Investigaciones Económicas con base en cifras de la DIAN – SIEX.

Tráfico Portuario: en el 2006, el tráfico portuario de la región Caribe fue de 91 millones de toneladas, superior en un 3,9% el registrado en el 2005. Este volumen representa el 88,7% de la carga movilizada por el conjunto de las zonas portuarias del país. El 52% corresponde a exportaciones de carbón, realizadas por Cerrejón y Drummond Ltda., que salieron por los puertos de La Guajira y Santa Marta; el 16,1% fue petróleo que se exportó por las zonas portuarias del Golfo de Morrosquillo y Cartagena; y el 31,8% fue carga diversa movilizada

[164] Cifras a Septiembre de 2006

por las Sociedades Portuarias Regionales y algunos muelles privados: cementos, negro de humo, plásticos y sus manufacturas, bananos, productos químicos, aceites y grasas vegetales y otros[165].

Figura 3-137 Tráfico portuario región del Caribe, 2006

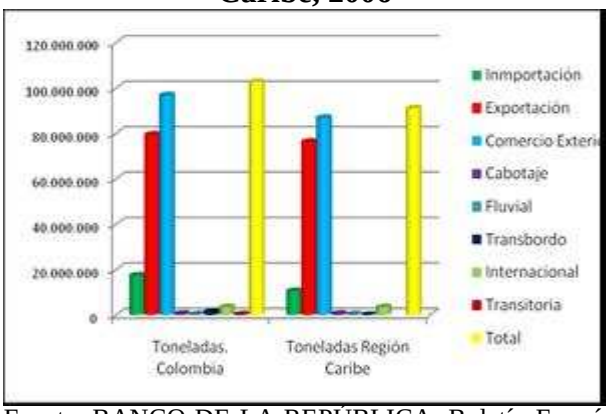
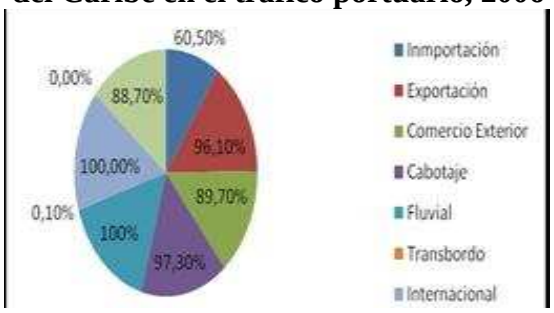


Figura 3-138 Participación de la región del Caribe en el tráfico portuario, 2006



Fuente: BANCO DE LA REPÚBLICA; Boletín Económico Regional Costa Caribe. No. 3 (IV trimestre de 2006). Cartagena, Marzo de 2007; páginas 6-8.

La información de la Sociedad Portuaria de Cartagena, para el 2007 nos muestra un movimiento regular, pero sostenido entre enero y mayo del año 2007:

Tabla 3-76 Toneladas movilizadas por tipo de estiba -Año 2007

Mes	Doméstico				Trasbordo				Total Mes
	Descargado		Cargado		Descargado		Cargado		
	Carga Gral.	Contenedor	Carga Gral.	Contenedor	Carga Gral.	Contenedor	Carga Gral.	Contenedor	
Ene-07	179	149.485		139.659	133	133.929	358	134.455	**588.196**
Feb-07	238	117.293		145.739		113.071		119.180	**495.521**
Mar-07	59	144.928	1	163.608	1	129.851	1	135.554	**574.003**
Abr-07	7.121	123.779	832	142.724	5	109.999	5	104.543	**489.008**
May-07	62	131.548		155.333	4	130.687	4	122.271	**539.909**
Subtotal	**7.659**	**667.033**	**833**	**747.063**	**142**	**617.538**	**367**	**616.003**	**2.656.638**

Fuente: Sociedad Portuaria de Cartagena, 2007.

El movimiento de contendores, en cambio, ha mostrado un incremento progresivo entre los meses de enero y mayo de 2007, reflejando el auge económico de la zona, especialmente para la industria.

[165] Banco de La República; Boletín Económico Regional Costa Caribe. No. 3 (IV trimestre de 2006). Cartagena, Marzo de 2007; páginas 6-8.

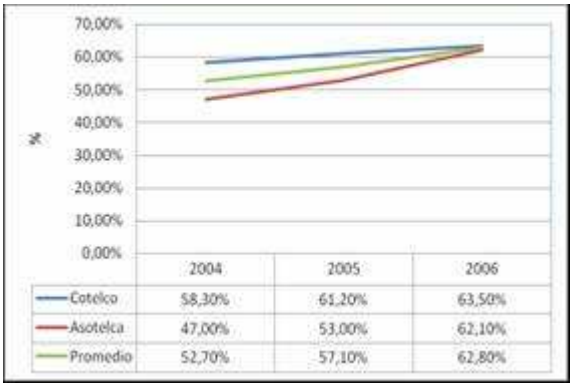
Tabla 3-77 Movimiento de carga contenerizada (TESUS – Año 2007).

Mes	Doméstico				Trasbordo				Total Mes
	Llenos		Vacíos		Llenos		Vacíos		
	Descargado	Cargado	Descargado	Cargado	Descargado	Cargado	Descargado	Cargado	
Ene-07	13.506	11.240	2.686	8.848	9.371	9.075	1.428	1.583	**57.737**
Feb-07	13.716	11.603	2.368	6.573	8.796	9.293	1.582	1.409	**55.340**
Mar-07	17.060	13.282	2.428	6.561	10.740	11.125	1.602	1.283	**64.081**
Abr-07	15.188	11.726	2.034	5.227	8.877	8.405	1.242	1.136	**53.835**
May-07	17.026	13.019	3.294	8.331	10.468	9.822	1.565	1.691	**65.216**
Subtotal	**76.496**	**60.870**	**12.810**	**35.540**	**48.252**	**47.720**	**7.419**	**7.102**	**296.209**

Fuente: Sociedad Portuaria de Cartagena, 2007.

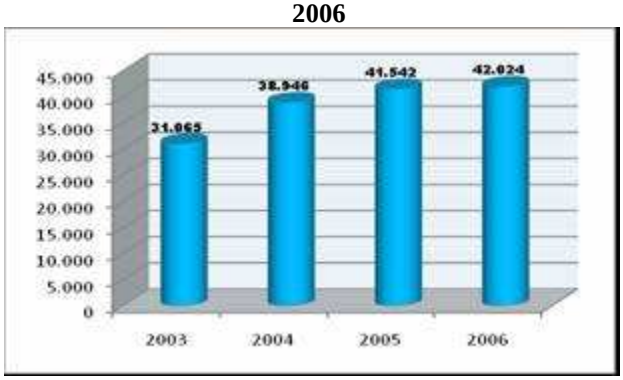
Turismo: la actividad turística en Cartagena es un renglón importante en la economía de la ciudad, con una dinámica de crecimiento desde el 2004. Ello se evidencia mediante indicadores como la ocupación hotelera, que se incrementó en promedio unos 5 puntos porcentuales en los últimos dos años, a finales este índice se ubicó en 62,8%.

Figura 3-139 Ocupación Hotelera, 2004 - 2006[166]



Fuente: Cálculos y diseños Investigaciones Económicas con base en Cotelco, Asotelca y Corporación Turismo

Figura 3-140 Pasajeros llegados en Cruceros, 2003 – 2006



Fuente: Diseño de Investigaciones Económicas con base en SPRC y Corporación de Turismo Cartagena de Indias

La llegada de visitantes en cruceros a la ciudad muestra igualmente una tendencia creciente en los últimos tres años pasando de 31.065 turistas en el 2003 a 42.024 turistas en el 2006, lo cual representa una recuperación de un 35% en lo últimos tres años, con un crecimiento promedio anual de 11%. Dichos indicadores muestran una notable recuperación luego de

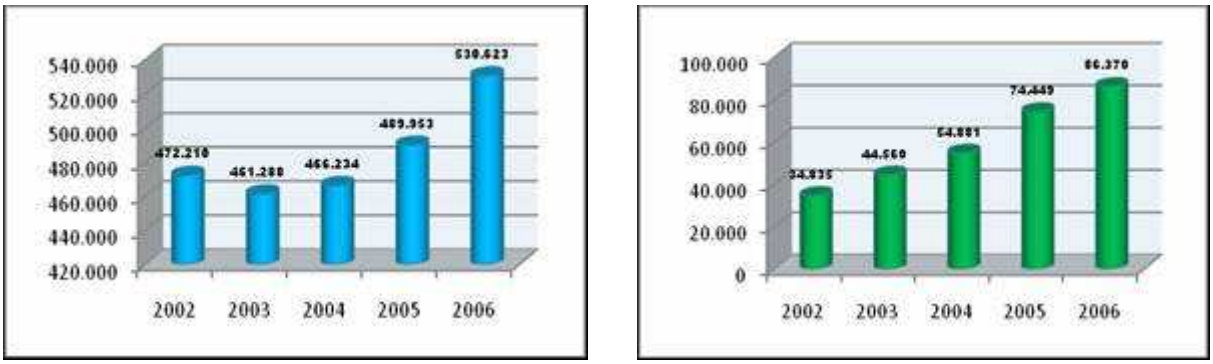
[166] Datos de afiliados a Cotelco y Asotelca

alcanzar una llegada de pasajeros en cruceros del orden de 85.880 turistas en el año 2002 y la fuerte caída registrada en el 2003.

En cuanto al número de turistas que llegan a la ciudad, en el 2006 Cartagena recibió por vía aérea 530.623 personas en vuelos nacionales. El turismo extranjero tuvo en el último año un crecimiento significativo, de 16%, al pasar de 74.449 pasajeros extranjeros a 86.370 en el 2006. Esto consolida la tendencia positiva del turismo extranjero en la ciudad.

Figura 3-141 Pasajeros nacionales e internacionales llegados

Nacionales **Internacionales**



Fuente: Hasta 2005 Sociedad Aeroportuaria de Cartagena, 2006 Corporación Turismo Cartagena de Indias

En la actualidad existen varios proyectos de desarrollo inmobiliarion con fines turísticos, sobre todo en el sector de la isla de Barú, que permitirán incrementar esta actividad económica en poco tiempo. El Proyecto Playa Blanca – Barú, tiene como principal objetivo obtener un desarrollo turístico, autónomo, ágil y eficiente que fomente el turismo y el empleo, el crecimiento económico y social de la región de Barú. Para el Estado resulta de suma importancia este proyecto destinado a atender un mercado turístico nacional e internacional, el cual sería desarrollado con el aporte, entre otros, de los terrenos mayoritariamente de propiedad de la Nación, los cuales actualmente se encuentran afectos a un contrato de cuentas en participación.[167]

Industria. Los sectores industriales claves para la economía de la ciudad de Cartagena son: metalmecánica, petroquímica y derivados, alimentos y bebidas, turismo, ingeniería y obra civil, eléctrica. Para los sectores rurales, la economía se fundamenta en los desarrollos agroindustriales y pesqueros, contando con los esquemas de cadena productivas.

Producción Pesquera: en la economía de Bolívar son importantes las actividades provenientes de la pesca, tanto en la industria como en pesca artesanal. Las empresas

[167] Documento Conpes 3333 Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia. Departamento Nacional de Planeación Lineamiento de Política en Materia Turística – Proyecto Playa Banca - Barú. DNP: PRAP-PROGA. Versión aprobada. Bogotá, D.C., 17 de enero de 2005

dedicadas al cultivo de camarones iniciaron actividades en escala significativa hacia 1983; actualmente, las localizadas en la costa Caribe representan el 82% de la producción total nacional, y el destino de esta producción son las exportaciones. Se estima que el número de empleos es de 761. En la zona de influencia del Canal del Dique se localizan las siguientes empresas[168]:

Tabla 3-78 Producción Camaronera en la zona de influencia del canal del Dique

Finca Camaronera	Área en hectáreas		Producción en Kg.		Rendimiento (Kg./hectárea)	
	1996	1997	1996	1997	1995	1997
Camarones del Caribe	275	0	579.879	0	2.109	
Colombiana de Acuacultura	352	627	944.883	1.885.414	2.684	3.007
Agromarina Santana	71	71	148.887	170.000	2.097	2.394
Cartagenera de Acuacultura	423	423	1.613.224	1.850.000	3.814	4.374
Otras (área de Cartagena)	754	765	861.041	1.909.224	1.142	1.585
Total Zona Canal del Dique	1.875	1.886	4.147.914	5.814.638	2.369	2.840
Total Costa Caribe	2.251	1.919	5.500.275	6.217.210	2.443	3.240

Fuente: Banco de La República, Centro de Investigaciones Económicas del Caribe Colombiano; María Modesta Aguilera; Los cultivos de camarones en la Costa Caribe Colombiana. Documentos de trabajo sobre economía regional. No. 2, abril de 1998.

El censo de población dedicada a las actividades de pesca, según el INCODER, es la siguiente:

Tabla 3-79 Población de pescadores Bolívar y Cartagena

Zona	Número de pescadores
Resto Bolívar	9.600
Cartagena	16.300

Fuente: INCODER.

Los pescadores que se ubican en el área del Canal del Dique habitan las poblaciones de Pasacaballos, Ararca, Leticia, Santa Ana y Bocachica.

Los pescadores que realizan su actividad mar afuera son los asentados en las islas de Barú, Tierra Bomba y las islas del Rosario.

En cuanto a las prácticas de pesca, se utiliza anzuelo, trasmallo y por buceo (captura de moluscos y con arpón para peces); las jornadas de trabajo oscilan entre 7 y 12 horas diarias, generalmente muy de mañana o la noche, cuando, según explican los pescadores, los peces salen a la superficie. Las especies que se capturan en el área del canal principalmente son el róbalo, sábalo, triana, sierra, macabí, barbudo, congo, pácora o coya, lebranche y sable.

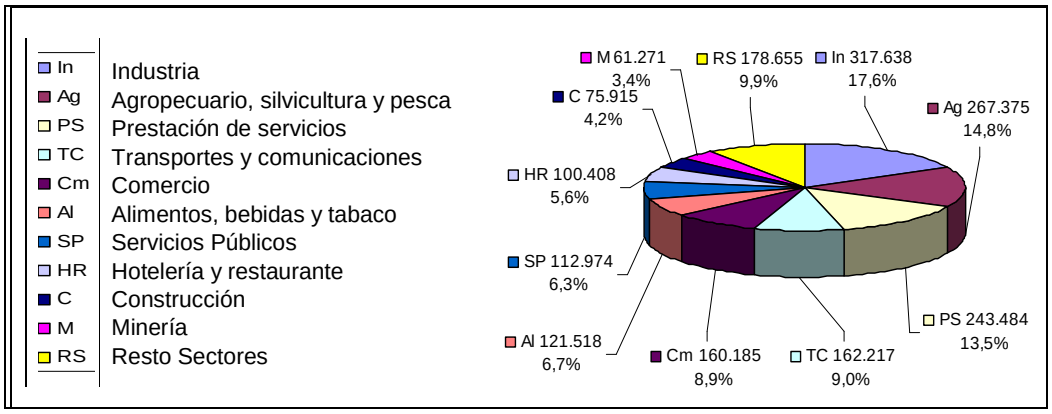
[168] ARTETA, María Eulalia, CADENA Mariela y SANDOVAL, Osiris. Caracterización Económica del Área de Influencia del Canal del Dique. Barranquilla: Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena, Laboratorio de Ensayos Hidráulicos de las Flores, diciembre 29 de 1998. 120 páginas.

Cada pescador obtiene un promedio de captura diaria de 5 kg., situación que se mantiene a lo largo del año y solo en épocas de brisas, el nivel de pesca disminuye[169].

Área de influencia directa

La principal actividad económica del área de influencia directa, es la actividad industrial. El departamento de Bolívar depende casi totalmente en las cifras de cuentas nacionales de valor agregado y valor de la producción de la industria de Cartagena (99.8%). La industria aporta el 17.6% del PIB departamental y es el sector que más valor agregado genera.

Figura 3-142 Distribución del PIB[170] de Bolívar por sectores



Fuente: DANE, cuentas departamentales.

La conformación industrial en Cartagena indica que la fabricación de productos de la refinación de petróleo representa el 38.2% del valor total de la producción industrial; el cluster petroquímico representa el 42%; es decir, del petróleo y sus procesos de transformación depende el 80% de la industria Cartagenera. No hay cluster industrial más importante en Cartagena que éste. En el consumo intermedio, la refinación tiene una participación del 28.5% y el cluster petroquímico del 52%. Lo más importante en la refinación es su agregación de valor, este sector representa el 52,6% del valor agregado total de la industria en Cartagena, mientras el cluster tiene el 26%.

La industria del departamento de Bolívar ha tenido en los últimos 10 años una mayor dinámica de crecimiento que, por ejemplo, la del departamento del Atlántico (el otro polo industrial de la región Caribe) y del total nacional. Como se mencionó, Cartagena participa con el 98% de la industria de Bolívar. Ello lleva a identificar a Cartagena como un polo estratégico de desarrollo y competitividad industrial, donde a lo largo del período de

[169] INCODER, oficina de Cartagena.
[170] No incluye impuestos, es valor agregado del 2005 a precios constantes de 1994.

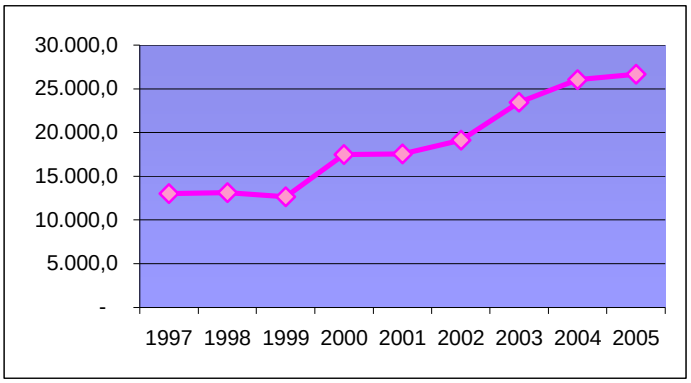
análisis, es claro que la industria hace uso de las ventajas de Cartagena como puerto y de los efectos de conglomeración en la zona industrial en Mamonal.

Tabla 3-80 Producción Industrial, Nacional, Bolívar y Atlántico (1997 – 2005)

Año	Mill $ Corrientes			% Participación	
	Nacional	Bolívar	Atlántico	Bolívar	Atlántico
1997	19.049.470	759.765	1.260.122	4,0%	6,6%
1998	21.730.789	961.105	1.369.971	4,4%	6,3%
1999	22.360.842	1.048.725	1.417.729	4,7%	6,3%
2000	26.744.216	1.499.446	1.630.111	5,6%	6,1%
2001	29.507.297	1.623.916	1.619.752	5,5%	5,5%
2002	32.756.868	1.850.096	1.746.215	5,6%	5,3%
2003	37.083.322	2.668.703	2.049.059	7,2%	5,5%
2004	42.655.676	3.234.212	2.248.911	7,6%	5,3%
2005	46.513.886	3.459.137	2.554.326	7,4%	5,5%

Fuente: DANE, cuentas departamentales.

Figura 3-143 Producción bruta industrial de Bolívar (Millones $Ktes1994)



Fuente: DANE - Encuesta Anual Manufacturera.

El crecimiento de la industria en Bolívar tiene una tasa promedio del 9% anual, para el período 1997 – 2005, cuando la industria a nivel nacional creció menos del 3% promedio anual, en el mismo período. A su vez, el valor agregado de la industria tiene una participación del 21.4% en el total de la economía del departamento; la participación del sector agropecuario es el 18%.

Aporte del Proyecto al sector de refinación de petróleo: La capacidad de refinación en el país se ha venido perdiendo; con la ejecución del proyecto, el país podrá atender la diversificación de los productos derivados que la demanda actual solicita y solicitará a futuro, lo cual se explica entre otros aspectos, por la actual obsolencia de las tecnologías y las inflexibilidades que se generan. De esta forma, el proyecto es fundamental para asegurar la capacidad de refinación del país, frente a las proyecciones de crecimiento en la demanda; más aún, con el proyecto, el país puede crear la capacidad de importación de crudo y la

colocación de los productos derivados en atención a los déficit mundiales, por la posición estratégica del país, especialmente de Estados Unidos[171].

Actualmente, la capacidad de refinación en Barrancabermeja, Cartagena y las refinerías pequeñas en el interior del país asciende a 312 KBD y éstas transforman crudo por un total de 305 KBD. La Refinería de Cartagena representa el 23%; actualmente consume 80 KBD y con el proyecto de ampliación pasará a demandar 150 KBD. Por lo tanto, el crecimiento en la Refinería es del 88% y pasará a tener una participación del 40% en el total nacional.

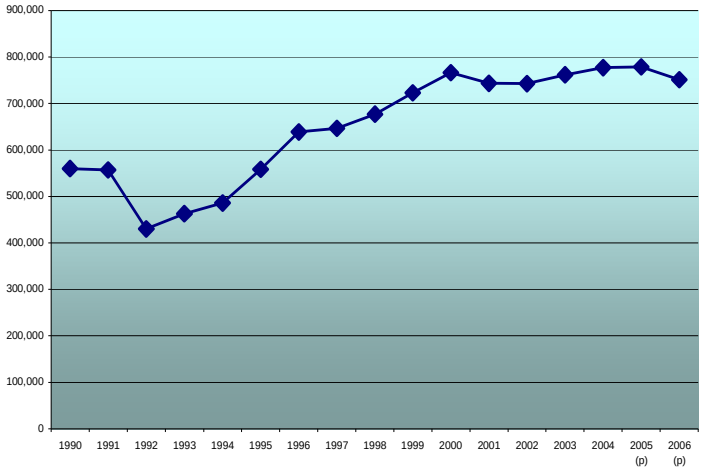
Vale la pena señalar que, a nivel mundial la capacidad utilizada de las refinerías está en el 87%, llegando a su nivel de saturación (lo cual se debe principalmente a la demanda de los países asiáticos) y para varios analistas, la estrechez de esta capacidad de refinación es la principal variable que explica los desmesurados incrementos en el precio, antes que limitaciones en las capacidades de producción (especialmente la restricción de la oferta en Irán).

El proyecto se inscribe en las cuentas nacionales del país en la rama económica (29) Productos de Petróleo Refinado.

Figura 3-144 Valor agregado en los productos de petróleo refinado (millones $ ktes 1994)

La dinámica que ha traído este sector económico en el período 1990 – 2006 indica una caída en el valor agregado generado durante los años 1990 a 1995, según se observa en la gráfica. Luego, se dio un crecimiento constante hasta el 2000 y de ahí en adelante, la generación de valor tiende a estabilizarse.

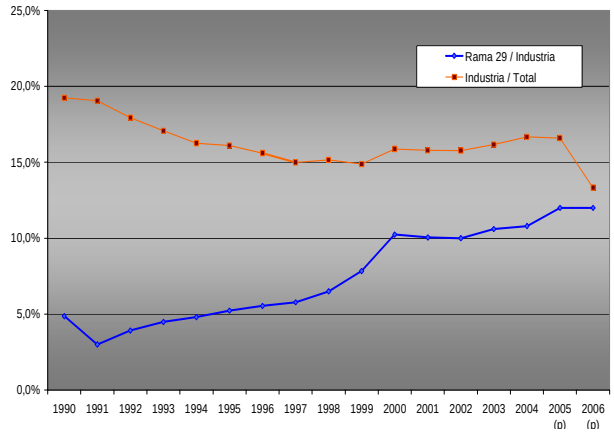
Para el año 2006, el valor agregado de los productos de petróleo refinado asciende a 5.3 billones de pesos.



Fuente: DANE.

[171] UPME-MME; Plan Energético Nacional 2006 - 2025.

Figura 3-145 Porcentajes de participación Rama 29 en la industria manufactura y ésta en el total nacional



Fuente: DANE

Al considerar para el mismo período de análisis, 1990 – 2006, los porcentajes de participación, de los productos de petróleo refinado en la industria nacional y de la industria en el valor agregado total de la economía del país, se observa cómo la refinación va ganando aporte en la industria; mientras en 1995 ésta representó el 5.2%, en el 2005 alcanzó el 12%. El crecimiento de los productos de petróleo refinado es importante en la medida en que, como se observa en la gráfica, la industria viene perdiendo participación en el valor agregado total del país, de un 19.2% en 1990 va en el 2005 en 13.3%.

De acuerdo a la Encuesta Manufacturera del DANE, año 2005 (que es el último año disponible en cuentas nacionales), en el total de la industria del país el consumo intermedio representa el 57% de la producción bruta. Para el sector productos de refinación (CIIU 232), el consumo intermedio equivale al 45.2% de la producción bruta y en detalle, en los procesos de transformación dentro de una refinería (hay 4 refinerías en el país), el consumo intermedio representa el 44.2% del valor de la producción[172].

La Refinería de Cartagena tiene un valor de producción bruta del orden de los 3,1 billones de pesos al año. Los productos de refinación (CIIU 232) en la ciudad de Cartagena tienen un valor de producción bruta de 3.2 billones de pesos al año, es decir, la Refinería actual representa el 95% de la producción de este subsector en la ciudad. A su vez, este subsector (CIIU 232) aporta el 38% del valor de la producción bruta de la industria de Cartagena, es decir, la Refinería representa el 36% de la producción bruta industrial de la ciudad de Cartagena[173].

A su vez, en el total de la industria de Cartagena la producción bruta alcanzó en el 2005 el orden de los 8.5 billones de pesos. La industria del departamento de Bolívar tiene un valor

[172] DANE, Cuentas Nacionales.
[173] DANE, Producción, consumo intermedio y valor agregado para el país y 7 áreas metropolitanas, según sectores industriales.

de producción bruta del orden de los 8.7 billones de pesos; ello implica una predominancia de Cartagena en el contexto industrial del departamento (98%)[174].

Cartagena representó en el 2005, el 27% del sector CIIU 232 a nivel nacional. La mayor participación la tiene la Refinería de Barrancabermeja[175].

Tabla 3-81 Producción bruta - total y CIIU 232 (2005) según localización de Áreas Metropolitanas

Distribución Geográfica	Millones $		Porcentajes	
	TOTAL	CIIU 232	232 / Total	Distribución CIIU 232
Cartagena	8.570.704	3.273.683	38,2%	26,9%
Bogotá	31.662.690	291.975	0,9%	2,4%
Barranquilla	6.137.388	4.407	0,1%	0,0%
Medellín	16.579.769	2.458	0,0%	0,0%
Cali	11.614.372			
Bucaramanga	2.224.392			
Manizales	2.041.115			
Pereira	1.745.295			
Cúcuta	433.340			
Resto del País	27.331.082	8.594.138	31,4%	70,6%
TOTAL PAIS	108.340.147	12.166.661	11,2%	100%

Fuente: DANE, Encuesta Anual Manufacturera 2005.

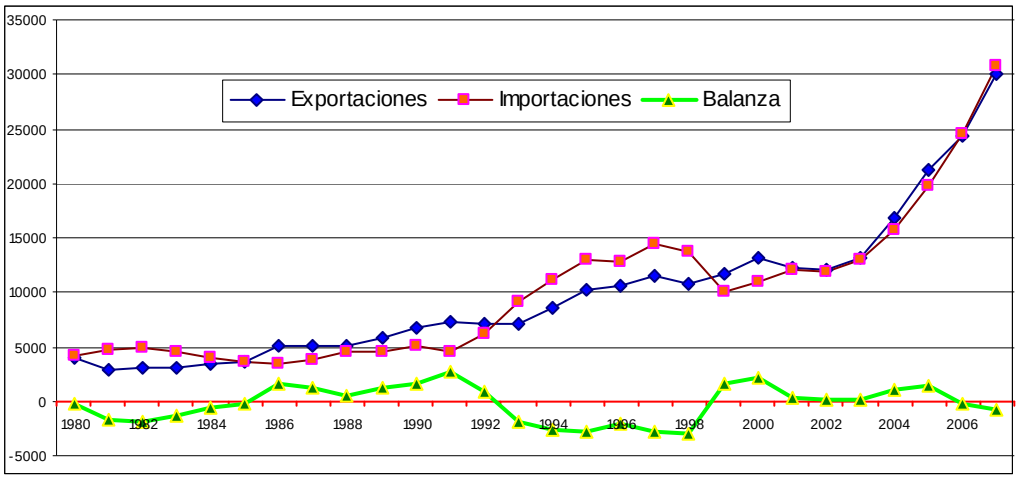
A nivel nacional, el valor de la producción bruta del sector de productos de refinería es de 12.1 billones para el 2005. Este sector representa el 11.2% de la producción total de la industria nacional. A su vez, el subsector 2321 (Refinerías) tiene un valor de producción de 11.6 millones de pesos, lo que representa el 95.4% del sector. De esta forma, las refinerías participan con el 10.7% del valor de la producción bruta industrial.

Actualmente, la Refinería de Cartagena representa el 2.9% del total de la producción bruta industrial del país (3.1 sobre 108.3 billones de pesos). Con el proyecto – PMD, el valor de esta producción aumentará a 6.2 billones de pesos aproximadamente, cuando alcance su plena operación, lo cual representa un incremento superior al 100% frente a la situación actual.

Aporte del Proyecto a la Balanza Comercial Sectorial: la balanza comercial del país durante el período 1999 – 2005 tuvo superávit. En el 2006 el déficit ascendió a 143 millones de dólares FOB y en el 2007 el déficit aumentó a 824 millones de dólares FOB, lo cual se explica por la reevaluación del peso frente al dólar. Durante el período 1993 – 1998 la balanza fue deficitaria. Como se observa en las siguientes gráficas, la condición cíclica del comercio exterior lleva a un interés por proyectos que puedan generar exportaciones.

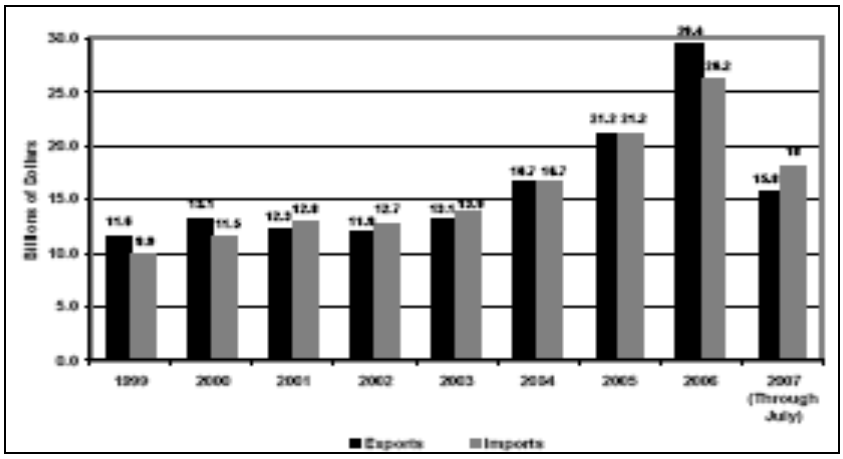
[174] DANE, Producción, consumo intermedio y valor agregado para el país y 7 áreas metropolitanas, según sectores industriales.
[175] DANE, Producción, consumo intermedio y valor agregado para el país y 7 áreas metropolitanas, según sectores industriales.

Figura 3-146 Balanza comercial del país, 1980 – 2007
Millones de dólares FOB



Fuente: Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN) y cálculos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Figura 3-147 Exportaciones e Importaciones de Colombia, 1999 – 2007
Millones de dólares



Fuente: Banco de la República.

El desarrollo del proyecto – PMD, toma en consideración sus fuentes de abastecimiento del crudo como materia prima para sus procesos de transformación. En el año 2002, las reservas probadas de petróleo eran del orden de 1,632 millones de barriles, se tenía una relación de reservas / producción de 7 años (lo cual se considera bajo, pues es un horizonte de corto plazo) y una producción de 565 KBD. El 51% se consumía internamente y el 49% se exportaba. A finales del 2006, las reservas probadas de petróleo son de 1,519 millones de barriles y la producción de 528 KBD; aumenta la participación del mercado doméstico a

57% y las exportaciones representan el 43%. Se considera a futuro un abastecimiento parcial de petróleo vía importaciones, dado que, de acuerdo a las proyecciones de mediano plazo sobre hidrocarburos, las fuentes nacionales que actualmente abastecen a la Refinería reducirán su producción en un 54%[176]. Además de esta caída, la refinería aumentará sus requerimientos de crudo por una mayor producción[177].

Por otra parte, en la situación con proyecto el aumento de la producción en la Refinería se orienta en gran medida al aumento de los productos exportables. El proyecto abastecerá al país de derivados que actualmente se importan, como propilenos, en un proceso de sustitución de importaciones. Desde el 2002, el país no importa gasolina, pero claramente en la situación sin proyecto, el país volvería a tener un déficit de abastecimiento, como a principios de los noventa. La expansión de los productos de la refinería, de acuerdo al estudio de mercado adelantado para el proyecto y de las proyecciones en el modelo financiero, establece expectativas de duplicar las exportaciones frente a la situación actual.

Tabla 3-82 Exportaciones de la Refinería de Cartagena actual y con proyecto

Producto	Producción Actual KBD	Producción Expansión KBD	Precio*
GLP / Propano		0,95	66,59
Nafta virgen	5,03		89,71
Nafta RON 92	2,66		89,71
Gasolina Regular	7,98	6,07	90,63
Gasolina Premium	1,35	9,62	94,53
Jet Fuel	5,34	6,00	96,32
Diesel	0,82	45,20	94,99
Fuel Oil	17,08		70,82
Coque		2,11	125,00
Exportaciones Totales**	**3.342,7**	**6.657,8**	

*Precio estimado promedio para el periodo 2011 al 2027

**Miles de Dólares diarios

Fuente: REFICAR.

Como se observa y según estimaciones de REFICAR, el valor de las exportaciones al igual que los volúmenes prácticamente se duplicarán, lo cual impacta significativamente en la balanza comercial del país. El siguiente cuadro presenta una balanza comercial positiva para la rama (29) de fabricación de productos de la refinación de petróleo, con un crecimiento sostenido de las exportaciones, las cuales representan cerca del 8% del total de exportaciones del país.

[176] Glencore Ltda, Modelo Financiero de la Refinería de Cartagena. Enero 2008.
[177] Glencore Ltda, Modelo Financiero de la Refinería de Cartagena. Enero 2008.

Tabla 3-83 Balanza comercial para la fabricación de productos de la refinación de petróleo 1998 – 2007 (Millones de dólares a precios FOB)

Año	EXPORTACIONES			IMPORTACIONES			Balanza
	Total	Rama (29)	% Part.	Total	Rama (29)	% Part.	Balanza Rama (29)
1998	10.866	247	2,3%	13.768	284	2,1%	-37
1999	11.617	429	3,7%	9.991	223	2,2%	206
2000	13.158	778	5,9%	10.998	176	1,6%	602
2001	12.330	707	5,7%	11.997	125	1,0%	581
2002	11.975	713	6,0%	11.897	151	1,3%	562
2003	13.129	936	7,1%	13.026	187	1,4%	749
2004	16.788	1.322	7,9%	15.649	198	1,3%	1.124
2005	21.190	1.684	7,9%	19.799	391	2,0%	1.293
2006	24.391	1.896	7,8%	24.534	457	1,9%	1.439
2007	29.991	590	2,0%	30.816	510	1,7%	80

Fuente: DIAN- cálculos del DANE.

ECOPETROL informó un valor de sus exportaciones de petróleo y sus derivados, incluyendo la Refinería de Cartagena de US$ 3.913 millones en el 2007, lo cual representó un incremento de 18% frente a los US$ 3.312 millones del 2006. Este aumento se explica principalmente por las mayores cotizaciones en el mercado internacional. La cotización promedio del WTI (precio de referencia para los crudos colombianos) pasó de US$ 66 por barril en el 2006 a US$ 72 por barril en el 2007. El volumen exportado en el 2007 fue de 175.050 barriles por día, lo cual representa un incremento en 1.190 barriles por día, frente a lo registrado en el 2006[178]. En plena operación del proyecto, las exportaciones de la Refinería de Cartagena pueden alcanzar los $2,163 millones, lo cual representará un aumento del 21% frente a la dinámica que se trae.

La balanza comercial de ECOPETROL S.A. y de la Refinería de Cartagena S.A. en el 2007 fue de 3.400 millones de dólares, 15% superior a la registrada en el 2006. Las importaciones sumaron US$ 513 millones[179]. Esta balanza se afectará por las importaciones de crudo de la Refinería de Cartagena. No obstante, dadas las exportaciones que efectuará la Refinería, esta balanza comercial será positiva en cálculos que establecen los US$2,200 millones[180].

En la coyuntura internacional, el principal mercado para los productos de la Refinería de Cartagena es los Estados Unidos, por cuanto necesita acudir a las importaciones para balancear la ecuación de suministro de combustibles derivados del petróleo, rubro que representa el 26.6% del consumo mundial. Esta situación abre oportunidades importantes

[178] http://www.ecopetrol.com.co
[179] http://www.ecopetrol.com.co
[180] Glencore Ltda, Modelo Financiero de la Refinería de Cartagena. Enero 2008.

para esquemas de refinación localizados fuera del territorio de Estados Unidos, como sería el caso de refinerías en el Caribe colombiano, que ofrecen ventajas como el corto tránsito del puerto de exportación a los terminales en la Costa del Golfo de los Estados Unidos y su localización en una zona libre de huracanes; Cartagena es un ejemplo de lo anterior[181].

Con el proyecto de expansión, la Refinería contará con una planta de coque, que creará un nuevo producto de exportación para el país; el coque es altamente demandado en el mercado internacional; se producirán 2.110 toneladas diarias de carbón coque, que contribuirán con el aumento de las exportaciones del país, posicionándolo aún más en este tipo de producto energético.

Capacidad logística y portuaria en la Zona Industrial de Mamonal[182]: el Puerto de Cartagena de Indias se ha consolidado como el Centro de Distribución Logístico y de Trasbordo de Contenedores para la Región del Caribe y para Colombia. Ello por sus ventajas estratégicas, que son:

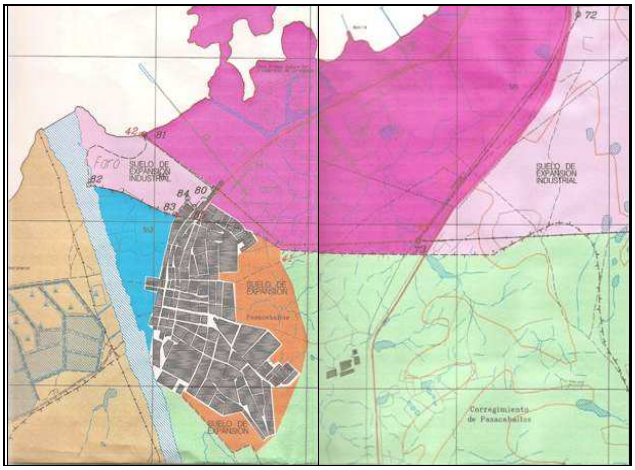
- Cercanía al Canal de Panamá: Cartagena es el puerto extranjero más cercano a Panamá, y por ende se convierte en la primera alternativa considerada por las navieras por razones geográficas, económicas y operativas.
- Crecimiento de carga de trasbordo en el Caribe: Según la Ocean Shipping Consultants, el área del Caribe jugará un papel decisivo en el comercio mundial en los próximos años, al llegar a manejarse en el área un volumen de más de 11 millones de TEUs (proyección para el 2010). Cartagena hoy participa con el 6% de este volumen y se espera, capte el 15% del total de contendedores del Caribe.
- Comercio Exterior Nacional: Colombia registra aumentos considerables en los volúmenes de carga movilizados por la vertiente Atlántica con Brasil, México, Estados Unidos y Europa, en los que Cartagena maneja más del 90% de las mercancías destinadas / originadas en las mencionadas zonas geográficas.
- Tratado de Libre Comercio con América del Norte: La entrada en vigencia del TLC con EE.UU. ampliará los mercados internacionales de las empresas colombianas, teniendo en Cartagena un fuerte aliado estratégico, con más de 23 líneas navieras que hacen ruta directa hacia/desde los puertos norteamericanos. Estas navieras, que están a disposición del sector empresarial colombiano, cubren la ruta Norteamérica Zona Este – Cartagena, la cual se constituye en el principal puente de comunicación y vía de acceso entre Colombia y EE.UU.
- Tratados de Libre Comercio con Chile y Centroamérica, tienen los mismos efectos que el anterior.

Ampliación de la zona industrial de Mamonal: se han dado muchas discusiones en la ciudad de Cartagena sobre la capacidad de Mamonal, en áreas, para la instalación de

[181] MME-UPME; Plan Energético Nacional, 2006 – 20252006 – 2025.
[182] http://proexport.gov.co

nuevos proyectos industriales y logísticos. La presión de las empresas por localizarse en la ZIM ha disparado los precios de los predios que aún están disponibles[183]. Dada la importancia del área industrial para el crecimiento de la ciudad, el Plan de Ordenamiento Territorial de Cartagena – POT, consideró la expansión de la zona de las actuales 3,100 hectáreas a 8,100 hectáreas.

Figura 3-148 Áreas de expansión industrial en la ZIM



Fuente: POT; Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias - Secretaría de Planeación Municipal.

En el modelo de localización de las actividades económicas del POT de Cartagena, el sector de la Bahía de Cartagena se visualiza como de actividad portuaria e industrial. Se contempla la habilitación de un área de expansión urbana para uso industrial en Mamonal, una vez se ocupen las áreas del territorio disponibles actualmente para el desarrollo de actividades industriales. El límite entre las áreas actuales y de expansión está dado por la variante Mamonal-Gambote. Se fortalece el nuevo corredor de acceso rápido a la variante, con la instauración de servicios logísticos.

De acuerdo a las opiniones de la presidenta del Consejo Intergremial de Bolívar, la oferta de nuevos predios debe ir acompañada de estímulos tributarios, mano de obra especializada y óptimos servicios públicos. Considera que uno de los puntos que juega a favor de la ciudad es la modernización de la Refinería de Cartagena, proyecto que podrá incidir en la llegada de nuevas compañías ligadas al sector petroquímico[184].

Para la Zona Industrial de Mamonal, el objetivo de mediano plazo del POT es *"prevenir la localización de asentamientos habitacionales en áreas afectadas por riesgos tecnológicos y por los impactos ambientales derivados de la actividad de la zona industrial de Mamonal"*[185].

El POT estipuló la formulación e implementación de un Plan Parcial de Reordenamiento de los asentamientos de la Zona Industrial de Mamonal, que son Policarpa, Arroz Barato y Puerta de Hierro (en la parte norte). Define como objetivo principal del mismo *"prevenir*

[183] Diario La República.
[184] Diario La República.
[185] Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito de Cartagena de Indias, Artículo 10.2 del Decreto 977 de 2001.

los riesgos tecnológicos originados por la presencia de redes primarias de servicios públicos y los procesos tecnológicos que se realizan en las empresas de la zona industrial de Mamonal, mediante el mejoramiento de las condiciones ambientales y de habitabilidad de la población residente, y la definición de programas para la prevención y mitigación de riesgos"[186]. Para ello, el POT busca una intervención en la categoría de redesarrollo, especificando que el Plan Parcial está destinado a *"renovar totalmente las áreas urbanas que por total inadecuación en cuanto a usos y estructuras requieren de una política que propicie el desarrollo de nuevas funciones en el área y la reubicación de sus habitantes"*[187]. Así mismo, El POT estableció que la ejecución de este Plan Parcial se debe adelantar con la participación de la comunidad, la Administración Distrital y la Fundación Mamonal.

Para el área rural de la Localidad No. 3 del Distrito (a la que pertenece la ZIM), los objetivos y estrategias del POT son los siguientes[188]:

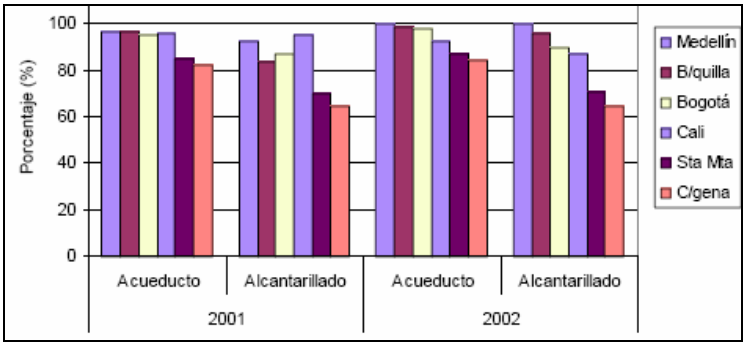
- Para el sector de Membrillal, *"incentivar el desarrollo agroindustrial"* mediante la construcción de un centro tecnológico y el apoyo a la infraestructura educativa.
- En Pasacaballos, *"fomentar la vocación turística sostenible"* y se determina una centralidad portuaria multimodal, con el desarrollo de actividades logísticas de apoyo y fomento al turismo. El fortalecimiento de esta centralidad involucra la protección ambiental de los humedales y el control de la contaminación por diferentes fuentes.

Prioridades del Plan de Desarrollo de Cartagena con relación a la ZIM y su área de influencia: el plan de desarrollo de la pasada administración presentaba dos grandes ejes de acción: la inversión social y el fortalecimiento de la competitividad. Sobre esto último, se determinó que se desarrollaba *"con base en la articulación y la cooperación de los sectores público y privado"*[189], para la generación de empleo y la atracción de la inversión nacional e internacional en los sectores industriales, comerciales (puertos) y de servicios logísticos de apoyo, *"a partir de las ventajas naturales y otras adquiridas en el marco de la globalización"*[190].

[186] Ibid, Artículo 91 del Decreto 977 de 2001.
[187] Ibid, Artículos 200 y 201 del Decreto 977 de 2001.
[188] Ibid, Artículo 11.4 del Decreto 977 de 2001.
[189] Concejo Distrital de Cartagena de Indias Distrito Turístico y Cultural. Acuerdo No. 016 de mayo 19 de 2006, por medio del cual se adopta el Plan de Desarrollo del Distrito de Cartagena "Cartagena Como Siempre Nuestro Compromiso" 2005-2007. Cartagena de Indias, mayo de 2006., Artículo 2.
[190] Ibid, Artículo 4 y 5.

Los objetivos para este eje de acción hacían referencia a continuar con la construcción de la infraestructura básica (servicios básicos y vías), prospectando las necesidades para los próximos 10 años y partiendo de un evidente rezago en las coberturas de la ciudad (frente a los promedios nacionales), en acueducto, alcantarillado y energía, así como el inicio de un proceso de institucionalización de políticas sostenibles para la competitividad.

Figura 3-149 Comparación cobertura en servicios AA entre ciudades, 2000 y 2002

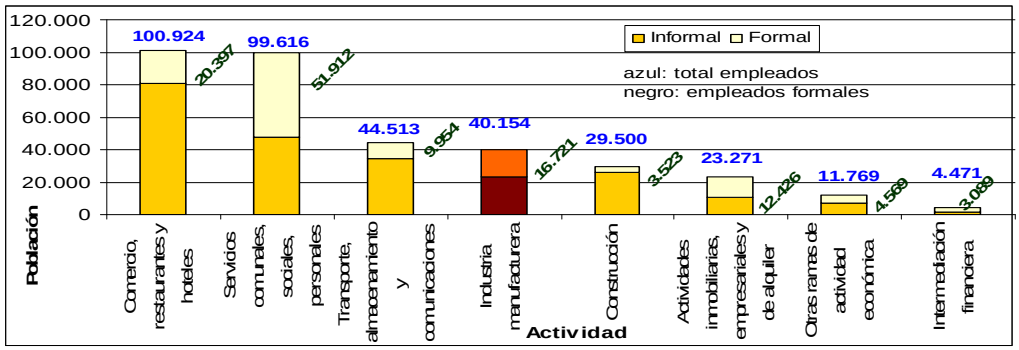


Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

Empleo en la Zona Industrial de Mamonal: La zona industrial y portuaria de MAMONAL genera cerca de 23.100 empleos directos en Cartagena. Si bien puede parecer que esta cifra no es significativa, hay que considerar que éstos son empleos formales, cuando las estadísticas del DANE registran que el 65% de la población ocupada en Cartagena corresponde a sectores informales de la economía, en la prestación de servicios y actividades de comercio[191]. La distribución de la ocupación, según ramas de actividad y división entre empleo informal y formal, se presenta en el siguiente gráfico:

[191] DANE-ICER. Informe de Coyuntura Económica Regional del Departamento de Bolívar. Primer semestre de 2006.

Figura 3-150 Distribución Población Ocupada en Cartagena según Ramas de Actividad (2006)



Fuente: DANE– ICER, Informe de Coyuntura Económica Regional del Departamento de Bolívar. Primer semestre de 2006.

Toda la industria manufacturera de la ciudad generó el año pasado 40.154 empleos, de estos 16.721 son formales. A su vez, el sector de transporte, almacenamiento y comunicaciones generó otros tantos (44.513 empleos), donde 9.954 son formales. Por lo tanto, la zona industrial y portuaria de MAMONAL contribuye con cerca del 87% de la ocupación formal de la ciudad.

3.4.4 Dimensión cultural

Área de influencia indirecta

Cultura: Debido a la diversidad cultural de las personas que visitan la ciudad, elevada a la categoría de patrimonio histórico y cultural de la humanidad, se han estructurado una serie de programas de fortalecimiento cultural, pero ligado especialmente al carácter turístico de la ciudad. La ciudad es sitio preferido para la realización de congresos, seminarios y encuentros, hasta talleres de arte, exposiciones, conciertos, festivales de poesía y de cine, entre otros. La siguiente es la relación de los servicios comunitarios y recreativos con que cuentan las localidades de Cartagena. Se recuerda que la zona industrial de Mamonal pertenece a la localidad industrial y de la Bahía:

Localidad Histórica y del Caribe Norte: Tiene 33 iglesias, 21 estaciones de servicios, 92 canchas en diferentes ramas deportivas; 17 centros comerciales; 60 cámaras de distri-seguridad; 26 antenas de comunicaciones, 2 estaciones de bomberos y 7 Centros de atención de seguridad (CAI fijos y estaciones). El espacio Físico donde funciona la Alcaldía Local No. 1 tiene sus 2 sedes administrativas descentralizadas: Santa Rita y El Country

Localidad de la Ciénaga de la Virgen y Turística: Tiene 18 iglesias, 3 estaciones de servicios, 50 canchas en diferentes ramas deportivas; 3 centros comerciales; 10 cámaras de Distri-seguridad; 6 antenas de comunicaciones, 0 estaciones de bomberos y 6 Centros de atención de seguridad (CAI fijos y estaciones). El espacio Físico donde funciona la Alcaldía Localidad de la Virgen y Turística tiene su sede administrativa descentralizada: Casa de Justicia Chiquinquirá.

Localidad Industrial y de la Bahía: Tiene 25 iglesias, 13 estaciones de servicios, 57 canchas en diferentes ramas deportivas; 3 centros comerciales; 10 cámaras de distri-seguridad; 13 antenas de comunicaciones, una estación de bomberos y dos Centros de atención de seguridad (CAI fijos y estaciones). El espacio físico donde la Alcaldía Local Industrial y de la Bahía tiene su sede administrativa descentralizada es la Biblioteca Distrital Jorge Artel.

El Instituto de Distrital de Cultura es el organismo encargado de la promoción cultural y el fortalecimiento de los valores tradicionales y cuenta con algunos proyectos tendientes a fortalecer la cultura, tales como:

- *Proyecto de Fiestas Patronales y Festivales Culturales de Barrios y Corregimientos en Cartagena de Indias:* Este proyecto busca apoyar la celebración de las fiestas patronales, populares y tradicionales de Cartagena y sus corregimientos, para contribuir con la recuperación de su memoria cultural, fomentar la integración social, y fortalecer la identidad cultural a través de las tradiciones festivas.
- *Proyecto de Fiestas de Independencia de Cartagena de Indias:* A través de este proyecto se pretende recuperar y fortalecer los sentidos históricos y culturales de las Fiestas de Independencia para construir una memoria urbana en la que lo popular, lo tradicional y lo festivo, orienten una nueva forma de concebir el desarrollo urbano, y para preservar y dinamizar las manifestaciones artísticas básicas en la historia de la cultura festiva local.

Las siguientes son las principales festividades y celebraciones culturales que se realizan en la ciudad de Cartagena de Indias:

- *Festivales y Eventos:* Temporada de teatro, Festival de la cumbia, Festival del frito, Muestra internacional de cine, Festival vallenato de Bayunca, Festival internacional de cine, Festival de Gaitas de Blas de Leso, Festival del dulce, Festival vallenato de San José de los Campanos, Festival nacional de la música, Festival de marisco en Punta Canoa, Festival folclórico Nacional, Festival de los Pueblos Hermanos de la Bahía, Festival iberoamericano de teatro, Festival vallenato de Pasacaballos, Feria internacional del libro, Festival de Gaitas y acordeones San Sebastián de Ternera, Festival nacional folclórico, festival del cangrejo en Arroyo de piedra, Festival afrocaribe de Champeta, Festival regional de Gaitas de El Socorro, Festival internacional de poesía, Festival de la comida en Bocachica, Festival de títeres, Festival

Pop-Rock y mar de Cartagena, Festival del pastel, Festival de narración escénica de Cartagena de Indias.

- *Festividades:* Fiestas de Nuestra Señora de la Candelaria, Fiestas de Barú, Fiestas de San Isidro Labrador, Fiestas de Pontezuela, Fiestas de San Antonio de Padúa, Fiestas del Barrio 13 de Junio, Fiestas de San Juan Bautista, Fiestas de Bayunca, Fiestas de la Virgen de la Consolata, Fiestas de Bruselas, Fiestas de Nuestra Señora del Carmen, Carnaval de Lo Amador, Fiestas del sector 20 de Julio en Daniel Lemaitre, Carnaval de San Diego, Fiestas Patronales de Santa Ana, Fiestas de arroyo Grande, Carnaval de Martín Martelo, Carnaval de la Zona Norte.

Grupos étnicos[192]*:* la población de Cartagena, tanto en su área urbana como en su área rural, cuenta con un gran componente de afrodescendientes. El departamento de Bolívar cuenta con aproximadamente 797.927 habitantes afrodescendientes, cifra que representa el 66% de la población total; en Cartagena habitan 598.307. Las comunidades afrodescendientes de la costa Caribe mantienen una estrecha conexión entre cultura, territorio y ambiente. Este vínculo responde al papel que cumplen las prácticas tradicionales de producción. Las localidades afrodescendientes se desempeñan en los sectores agropecuario, minero, pesquero, artesanal y en la prestación de servicios… La pesca se efectúa de manera tradicional empleando el cordel, la atarraya, el trasmayo y el boliche. En cuanto a la actividad artesanal se destaca su trabajo con bejucos, cepa de plátano y maderas. En las zonas cercanas al mar Caribe, el turismo constituye una actividad informal en la cual se desempeñan los pobladores afrocolombianos. La conformación de consejos comunitarios se dio en Hatoviejo - Calamar, Arroyo de Piedra y Villa Gloria, poblaciones del corregimiento cartagenero de La Boquilla y en San Basilio de Palenque - Mahates[193].

Los índices de analfabetismo de la población afrodescendiente en general, son altos. En el departamento de Bolívar se presenta una cobertura del servicio de educación para esta población, relativamente alta en básica primaria, pero no con básica secundaria ni con media vocacional, donde se dan niveles altos de deserción y repitencia estudiantil. El acceso de afrocaribeños a las instituciones de educación superior existentes en el litoral Caribe es en extremo reducido. En Bolívar el ingreso de jóvenes es relativamente bajo, a la Universidad de Cartagena, pro ejemplo, en el año 2001 entraron 124 estudiantes de los municipios que tienen población afrocolombiana.

La situación de la salud en las comunidades afrodescendientes está en concordancia con la situación socioeconómica. Se caracteriza por presentar tasas elevadas de extrema pobreza, baja calidad de vida, desnutrición y alta incidencia y persistencia de enfermedades transmisibles como la EDA, la IRA y la tuberculosis, que ocasionan una elevada tasa de

[192] Toda la información ha sido extractada de: ESTUPIÑAN, Juan Pablo. Afrocolombianos y el Censo 2005. Elementos preliminares para el análisis del proceso censal con la población afrocolombiana. ib – Revista de Información Básica. La revista del Centro Andino de Altos Estudios - CANDANE -1/2006.14 págs.
[193] Ibid. Pág.9.

mortalidad infantil que va del 10% al 50%; cifra que está por encima del promedio nacional. El acceso a los servicios de salud reporta indicadores marcadamente inferiores a los del resto de la población colombiana. Las localidades afrocaribeñas han adquirido beneficios en salud de un 20% con el Sisben y de un 30% con el régimen subsidiado. Además, han recibido capacitación, promoción y prevención de salud, de acuerdo con la Ley 100.

Las poblaciones afrodescendientes del departamento de Bolívar no cuentan con sistema de alcantarillado; exceptuando la localidad de San Martín de Loba, en el que el servicio alcanza un 30% de su cobertura. De igual manera, la mayoría de las veredas carecen de pozo séptico. Se calcula que el 40 o 45% de las poblaciones afrodescendientes poseen red de acueducto; sin embargo, el 98% del agua empleada no está lo suficientemente tratada. Por otra parte, el servicio de aseo es deficiente, por tanto, se acude a la quema o a la disposición inadecuada de los desperdicios a campo abierto. En Cartagena más del 70% de la población afrodescendiente registra necesidades básicas insatisfechas.

Área de influencia directa

Fundación Mamonal: la zona industrial de MAMONAL tiene un propósito netamente empresarial, y no es posible identificar unos rasgos culturales específicos a esta zona. El relacionamiento de los empresarios con la sociedad se da a través de las políticas de responsabilidad social empresarial y un referente para la ciudad en la participación cívica y gremial de la Fundación MAMONAL, entidad que realiza los siguientes programas en las comunidades aledañas a la zona industrial y en el municipio de Cartagena en general:

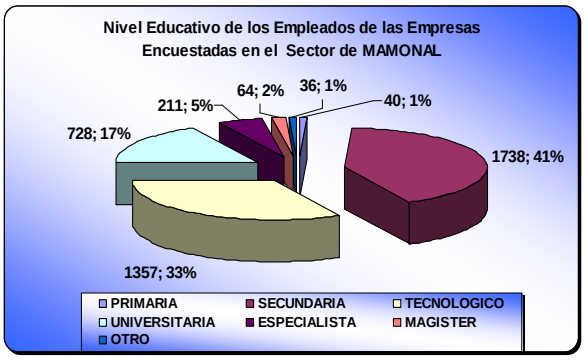
- Proyecto de Ciudad Cartagena de Indias 2011 “Corazón del Caribe”
- Miembros de la Junta del CARCE Bolívar - Participantes del Cluster Petroquímico del CARCE Bolívar
- Miembros del Consejo Gremial de Bolívar
- Miembro de la Junta Directiva del Sena
- Miembros del Consejo Superior de La Universidad Tecnológica de Bolívar
- Miembros del Comité Nacional Ambiental de la Andi

Perfil educativo de los trabajadores de la Zona Industrial de Mamonal: La Universidad de Cartagena realizó una encuesta a 36 empresas ubicadas en la ZIM[194] para identificar los perfiles de la mano de obra que emplean, donde el 89% de quienes contestaron corresponde a industrias y el 11% a empresas de prestación de servicios. Es de destacar que solo dos empresas, Vimarco e Indupollo, desarrollan políticas específicas de vinculación del

[194] El informe no presenta un análisis sobre la representatividad de esta muestra; es de prever que se trabajó con las empresas dispuestas a entregar información.

personal proveniente de las áreas aledañas a la ZIM, con la ocupación de 840 trabajadores. Sólo el 15% del total de trabajadores provienen de regiones distintas a la Caribe. Es relevante la información que la investigación entrega sobre el nivel educativo de los trabajadores de las empresas.

Figura 3-151 Nivel Educativo de los empleados del sector de Mamonal



Fuente: Universidad de Cartagena, Departamento de Investigaciones Económicas y Sociales; Análisis del mercado laboral en la ZIM y sectores aledaños – estudio sobre oferta, demanda, perfiles ocupacionales y necesidades de formación laboral. Cartagena, mayo 2004.

En años anteriores, la Refinería de Cartagena apoyó financieramente la creación del CIFEM en el SENA (Centro de Información y formación para el Empleo de Mamonal) y mediante éste se han formado más de 800 empresas formales en la ciudad de Cartagena, con una clara orientación a que éstas tengan la capacidad para proveer los bienes y servicios que requieren las empresas ubicadas en la zona industrial de Mamonal.

3.4.5 Aspectos arqueológicos

La intervención antrópica en el pasado y su legado cultural determina la valoración arqueológica que actualmente pueda tener el área. Los procesos de apropiación o de ocupación del territorio en Cartagena definen dos momentos: asentamientos de pobladores nativos y las construcciones hispánicas.

Cartagena cuenta con varios museos que conservan y exponen piezas arqueológicas. El Museo Naval del Caribe, dedicado a la historia naval del Caribe y a la arqueología subacuática, el Museo del Oro, el Museo de la Popa y el Museo de San Pedro Claver. Específicamente, este último museo se mostró interesado en conservar el material arqueológico proveniente de la investigación que se adelantó en la Refinería de Cartagena.

Área de influencia indirecta

Las investigaciones arqueológicas realizadas en la costa caribe colombiana evidencian la presencia de los concheros como primeros pobladores itinerantes de la región, grupo adaptado al medio estuarino, de ahí su denominación de cultura anfibia. "Sus formas de producción y reproducción social estaban basadas en la pesca, caza y recolección así como en el dominio del fuego y la instrumentalizad lítica"[195]. Sus vestigios quedaron en los camellones naturales, formados por el intercambio de aguas marina y dulce, utilizaban la parte alta como barrera de contención de posibles inundaciones y vivienda y hacia la parte baja botaban sus desperdicios, de ahí su denominación de concheros. Los antropólogos identifican al canal del Dique y la isla de Salamanca como los espacios que les permitió desarrollar una economía que hacía uso de la diversidad de ecosistemas, marino, manglar y bosque[196].

Gerardo Reichel-Dolmatoff y su esposa Alicia adelantaron las excavaciones, en la década de 1950, de los sitios Puerto Hormiga localizado a 300 m del canal natural del Dique y de Barlovento, ubicado en un banco de arena en la laguna de Tesca a 300 msnm. Bischof en 1962 realizó la excavación de Canapote, a 300 m de la Laguna de Tesca[197].

A la llegada de los conquistadores, las crónicas señalan al cacique Carex, quien habitaba en Tierrabomba, como el líder en la zona de la Bahía de Cartagena. Estaban las poblaciones de Maparapa, Cocón y Cospique. Como grupos con una organización sedentaria se han establecido los siguientes: los Calamarí, ubicados en lo que luego sería la ciudad de Cartagena, los Mahates y los Cárex, ubicados en la costa y Bahía de Cartagena[198].

Como sitio arqueológico se encuentra Monsú, situado cerca de Turbaco a 30 Km. hacia el norte del Canal del Dique.

La decisión colonial de fundar a Cartagena se basa en su ventaja natural como puerto y fondeadero, a pesar de la escasa disponibilidad de agua potable. Cartagena pasó a ser para los españoles un enclave estratégico, capital de Provincia. Como una forma de protección a posibles ataques e incendios, las segundas construcciones militares se hicieron en piedra y materiales perennes[199]. En conjunto con la ciudad colonial, estas edificaciones son las que hoy le otorgan a la ciudad su patrimonio histórico y cultural. También los estudios registran la importancia de las obras civiles e hidráulicas que en el área se adelantaron para comunicar a la ciudad, entre sí y con el interior del país, de forma que se asegurara su abastecimiento; un ejemplo de ello es el canal del Dique.

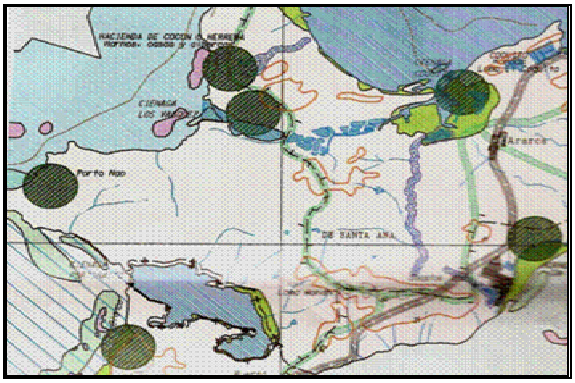
---

[195] Cartagena, Ambiente y Desarrollo. IDEADE, 1993.
[196] IDEADE, op cit.
[197] IDEADE, op cit.
[198] IDEADE, op cit.
[199] IDEADE, op cit.

Área de influencia directa

Sobre el área industrial, el Plan de Ordenamiento Territorial no ha definido sitios de interés arqueológico (círculos verdes en la figura), pues, a pesar de conocerse la presencia temprana de pobladores, con el paso del tiempo se fueron dando relaciones de sincretismo, una presencia antrópica ininterrumpida, que ocasionó la desaparición de cualquier vestigio.

Figura 3-152 Demarcación de sitios de protección al patrimonio arqueológico



Fuente: POT de Cartagena 2001 – 2011; Secretaria de Planeación Distrital

El área de la Refinería de Cartagena está relacionada con la problemática arqueológica de la Costa Atlántica, específicamente con el sector denominado Corredor Costero (ICAN 1989). La Costa Atlántica ha permitido el paso y dispersión de diversos grupos humanos a través de los siglos, razón por la que se considera una región importante en el ámbito arqueológico.

La Refinería de Cartagena S.A. adelantó, por requerimiento del MAVDT en la licencia otorgada para el proyecto, un estudio, llevado a cabo por la arqueóloga JUDITH HERNÁNDEZ BACCA, con licencia 915 del ICANH-130-2007 (vease ANEXO 3-5).

El programa de arqueología se orienta a prevenir y mitigar la alteración, destrucción y pérdida del Patrimonio Histórico Cultural de la Nación en proyectos de ingeniería. De esta manera, contribuye con la valoración y protección del patrimonio arqueológico del país. Así mismo, está relacionado con la problemática de la Costa Atlántica y específicamente con el denominado Corredor Costero (ICAN 1989). La Costa Atlántica colombiana constituye un importante foco de desarrollo cultural, pues durante siglos ha servido como corredor de paso y de dispersión de grupos humanos. El marco cronológico comienza con grupos de cazadores – recolectores, continúa con grupos agro alfareros, prosigue con el descubrimiento y conquista del territorio por parte de los europeos y llega hasta nuestros

días, completando un panorama histórico amplio y complejo. Los resultados del estudio adelantado son los siguientes[200]:

- Entre los sitios arqueológicos ubicados en la costa atlántica sobresalen los concheros. Los concheros son acumulaciones estratigráficas de moluscos, que tienen varias connotaciones: "Se aplica igualmente a sitios de sociedades de cazadores-recolectores para los cuales los moluscos eran el alimento básico, a sitios usados por personas con una economía mixta que complementaron su patrón de subsistencia agrícola con crustáceos como suplemento proteínico, y a sitios de sociedades altamente organizados que recolectaron crustáceos con fines comerciales" (Archila 1993: 120).
- Los concheros tienen diferentes espesores, formas y perímetros; se ubican sobre las costas o en el interior, a lo largo de ríos o quebradas actuales o extinguidas. Cerca de Cartagena se encuentran los concheros de Puerto Chacho (a 30 Km. de Cartagena, en el Canal del Dique), Puerto Hormiga (cerca de Puerto Chacho), Canapote (laguna de Tesca, barrio Santa María, en Cartagena) y Barlovento (laguna de Tesca, al norte de Cartagena).
- Reichel-Dolmatoff (1986) ubica los hallazgos arqueológicos cercanos a Cartagena en dos momentos: Sitios Formativos y Sitios de Desarrollos Regionales. Los Sitios Formativos corresponden a Barlovento, Monsú (fechado en 3350 años a.C.), Puerto Hormiga, Canapote y Pomares.
- Monsú está muy cerca de los concheros de Puerto Hormiga y Puerto Chacho, en el Canal del Dique; se compone de una serie de montículos ubicados en un área plana pantanosa, en los cuales se identificaron 5 períodos: Turbana, Monsú, Pangola, Macaví y Barlovento; el sitio corresponde a grupos de cazadores, pescadores y recolectores.
- Los sitios de Desarrollos Regionales se encuentran en todo el litoral. Grupos de cazadores-recolectores y portadores del Complejo Cerámico Crespo se han localizado entre la desembocadura del río Magdalena y el Golfo de Morrosquillo, en zonas de dunas y en sitios muy cercanos a la orilla del mar (excepto el sitio de Turbaco), incluyendo las islas de Tierra Bomba, Barú, Islas del Rosario y de San Bernardo, e Isla Fuerte; las evidencias culturales asociadas consisten en azadas en concha de Strombus (aparentemente para el trabajo de la madera, como la construcción de canoas), figurinas femeninas huecas en cerámica, vasijas, copas y platos en cerámica con decoración incisa, rectilinear, punteada-zonificada, plástica aplicada y apliques zoomorfos. Este material tiene relaciones estilísticas con el material de la Costa de Salamanca y fue fechado en 1290±80 d.C. (Reichel-Dolmatoff 1986).
- En las serranías paralelas al litoral, en la zona de Tubará se registraron sitios de habitación, entierros y extensas terrazas de cultivo que pertenecieron a sociedades indígenas ubicadas al inicio del primer milenio D.C. Las evidencias corresponden a

[200] Reconocimiento arqueológico en la refinería de cartagena (lotes 1, 34 y 52), bolívar. informe final. judith hernández bacca – arqueóloga, junio de 2008

figurinas humanas sólidas y toscas, volantes de huso, hachas, metates, ocarinas en cerámica y adornos en concha (Reichel-Dolmatoff 1986).

- En la Serranía de Piojó, las Ciénagas de Totumo y Luruaco y el valle de Santiago se registraron restos pertenecientes a comunidades de economía mixta que eran pescadores, agricultores y recolectores. En la ciénaga de Luruaco se encontró cerámica con baño rojo y espirales pintados en negro, que guarda relación con el Segundo Horizonte Pintado (Reichel-Dolmatoff 1986).

Estudios sobre el medio ambiente en las tierras bajas del Caribe, resumen así los eventos ocurridos durante el Cuaternario en esta área: cambios en el nivel del mar que contribuyeron a la formación de lagunas costeras, bancos de arena y estuarios; fluctuación entre períodos secos y húmedos que produjeron cambios en la vegetación de la costa, las riberas de los ríos, caños y quebradas; cambios en las tasas y cantidades de sedimentación en las cuencas bajas de los principales ríos y cambios frecuentes en los cursos de los ríos que atraviesan estas tierras bajas del Caribe (Archila 1993).

También se han realizado investigaciones de arqueología subacuática. El reconocimiento arqueológico de una embarcación del siglo XVIII, sumergido en cercanías de la ciudad, permitió establecer que se trataba de los restos del navío "Conquistador", echado a pique por Blas de Lezo durante el intento de sitio a Cartagena en 1741 (Del Cairo, García y Fuquen 2003). Un diagnóstico realizado en las instalaciones de Indugraco (en la bahía interna de Cartagena) encontró un alto grado de alteración y un consecuente bajo potencial arqueológico (García y Del Cairo 2007).

Reconocimiento arqueológico: el trabajo realizado contempló las siguientes etapas:

- Documentación: Consulta de los estudios arqueológicos y etnohistóricos relacionados con el área.
- Trabajo de campo: reconocimiento del área de influencia del proyecto, realización de muestreo no probabilístico con prospección superficial asistemática (Renfrew y Bahn 1993), que implica revisión superficial del área en busca de evidencias arqueológicas y, en caso de hallarlas, lograr su georeferenciación; se realizaron sondeos arqueológicos (pruebas de pala) para determinar el tamaño del sitio arqueológico, la densidad y la profundidad cultural del yacimiento (Drennan 1985 en Salgado y Stemper 1995). Las pruebas de pala midieron 40 x 40-50 cm., con una profundidad variable entre 40 cm. y 1 m; se realizaron cada 5-7 m. Se tuvieron en cuenta las características geomorfológicas del área para identificar sectores con mayor o menor potencial arqueológico. Dado que el área estaba bastante alterada en algunos sectores, se enfocó el reconocimiento en las áreas menos alteradas y con mayor potencial arqueológico. Por último, se tuvo en cuenta el tipo de obras proyectadas en el terreno y se dio prioridad a la revisión de los sectores en los cuales se planean excavaciones o movimientos de tierra en el futuro.

Se realizaron sondeos arqueológicos en 123 áreas, de las cuales 11 presentaron evidencias arqueológicas; la mayoría de las evidencias estaban ubicadas en inmediaciones del Arroyo Grande, en un sector ondulado con lomas altas (aproximadamente entre la garita del ejército y el antiguo helipuerto); en general, las evidencias se encontraron en superficie y sin contexto.

- Trabajo de laboratorio: Las evidencias encontradas se limpiaron, se incluyeron en un inventario y se clasificaron.
- Interacción con la comunidad: Se entabló comunicación con los habitantes del área para establecer la ocurrencia de hallazgos arqueológicos casuales. Se adelantaron conversaciones con las autoridades locales para establecer la capacidad de gestión de recursos culturales que posee el municipio.

Trabajo de Campo. El perímetro de los lotes a revisados está demarcado por una vía interna y una cerca metálica. En general, el área se encontraba enmalezada; a excepción de un área que había sido limpiada previamente para facilitar la vigilancia del ejército (desde unas garitas elevadas), (Foto 3-8).

El área se encuentra atravesada por el Arroyo Grande, en cuyas inmediaciones el terreno es ondulado (Mapa Arqueológico; Figura 3-153); existen algunos sectores bajos que se inundan periódicamente durante las temporadas de lluvias.

Durante el reconocimiento arqueológico se realizaron dos visitas de campo al área. En la primera visita se adelantó un recorrido en el área de los lotes 1, 34 y 52; se revisaron los sectores perimetrales de los lotes (que estaban desmalezados), se realizaron recolecciones de material arqueológico en superficie y se efectuaron sondeos arqueológicos. Este trabajo permitió identificar un sector con potencial arqueológico localizado en sitios altos (lomas) en cercanías del Arroyo Grande y próximo al área en que se construirá una tea (Mapa Arqueológico; Figura 3-153); la mayoría de este sector se encontraba enmalezado y lleno de serpientes, razón por la cual se recomendó (por parte de los supervisores de HSE de la Refinería) limpiar un poco el área para permitir una entrada más segura al grupo de arqueología (arqueóloga y obreros).

Cuando el área estuvo limpia, se realizó la segunda visita de campo. Esta área corresponde a un antiguo helipuerto (actualmente abandonado), dos caminos (construidos y abandonados) que conducen a él y el borde del arroyo junto al helipuerto. Se adelantó un recorrido, se recolectaron fragmentos cerámicos en superficie y se realizaron sondeos arqueológicos.

Todo el material arqueológico encontrado corresponde a fragmentos cerámicos; en general fue encontrado en superficie, con excepción de las áreas de sondeo 46 a 48, 54 y 79 (Tabla 3-84). Vale la pena aclarar que, a pesar de haber sido encontrados bajo tierra, estos fragmentos carecen de contexto y corresponden a material transportado de una u otra

manera. Por ejemplo, las áreas 46 a 48 se encuentran próximas al Arroyo Grande; son sectores que, a pesar de ser altos, se inundan durante las temporadas de lluvias cuando el arroyo se sale de cauce. Los fragmentos cerámicos se encontraron entre 30 y 60 cm. de profundidad, sin contexto, en medio de los sedimentos aportados por el arroyo.

Posteriormente, se revisaron otras áreas aledañas a unas canchas deportivas (actualmente abandonadas), en el extremo costero de la Refinería (al occidente), donde no se hallaron evidencias arqueológicas (Mapa Arqueológico; Figura 3-153).

Los sondeos arqueológicos se realizaron en 123 áreas, distribuidas en los lotes 1, 34, 52 y en inmediaciones de las canchas deportivas (Tabla 3-84,

Foto 3-9 a la Foto 3-30).

Las evidencias arqueológicas se hallaron en 11 áreas, correspondientes a las áreas de sondeo 14, 16, 21, 22, 31, 46, 47 48, 54, 75 y 79 (Tabla 3-84; Mapa Arqueológico Figura 3-153).

De acuerdo con el resultado de las visitas de campo, pueden definirse dos áreas de potencial arqueológico:

- Áreas de potencial arqueológico medio: corresponden a las áreas onduladas cercanas al Arroyo Grande (especialmente en el sector central del Lote 34).
- Áreas de potencial arqueológico bajo: Corresponden a las áreas restantes (Lotes 1, 52, canchas deportivas y sectores aledaños a ellas).

Figura 3-153 Localización general de la Refinería, de las áreas revisadas (lotes 1, 34, 52 y canchas deportivas) y de los sitios de hallazgo arqueológico.



Foto 3-8 **Área limpia junto a garita elevada del ejército; se observa el perímetro del lote demarcado por la vía y la cerca.**



Tabla 3-84 Sondeos arqueológicos

AREA DE SONDEO	COORDENADAS N	COORDENADAS E	TIPO DE EVIDENCIAS	PROFUNDIDAD EVIDENCIAS	SECTOR	OBSERVACIONES
1	0845300	1632382	-	-	Lote 1	Zona inundable
2	0845323	1632383	-	-	Lote 1	Zona inundable
3	0845346	1632381	-	-	Lote 1	Zona inundable
4	0845349	1632371	-	-	Lote 1	Zona inundable
5	0845348	1632355	-	-	Lote 1	Zona inundable
6	0845357	1632349	-	-	Lote 1	Zona inundable
7	0845375	1632394	-	-	Lote 1	Zona inundable
8	0845404	1632412	-	-	Lote 1	Zona inundable
9	0845399	1632403	-	-	Lote 1	Zona inundable
10	0845386	1632407	-	-	Lote 1	Zona inundable
11	0846040	1632923	-	-	Lote 34	Zona ondulada, más alta
12	0846039	1632007	-	-	Lote 34	Zona ondulada, más alta
13	0846040	1632918	-	-	Lote 34	Zona ondulada, más alta
14	**0846026**	**1632870**	**Fragmentos cerámicos**	Superficie	Lote 34	Zona ondulada, más alta, cerca de garita
15	0846036	1632896	-	-	Lote 34	Zona ondulada, más alta, cerca de garita
16	**0846036**	**1632887**	**Fragmentos cerámicos**	Superficie	Lote 34	Zona ondulada, más alta, cerca de garita
17	0846031	1632894	-	-	Lote 34	Zona ondulada, más alta, cerca de garita
18	0846032	1632886	-	-	Lote 34	Zona ondulada, más alta, cerca de garita
19	0846023	1632885	-	-	Lote 34	Zona ondulada, más alta, cerca de garita
20	0846027	1632873	-	-	Lote 34	Zona ondulada, más alta, cerca de garita
21	**0846025**	**1632867**	**Fragmentos cerámicos**	Superficie	Lote 34	Zona ondulada, más alta, cerca de garita
22	**0846027**	**1632870**	**Fragmentos cerámicos**	Superficie	Lote 34	Zona ondulada, más alta, cerca de garita
23	0846029	1632869	-	-	Lote 34	Cima loma
24	0846025	1632863	-	-	Lote 34	Ladera loma
25	0846027	1632861	-	-	Lote 34	Ladera loma
26	0846021	1632859	-	-	Lote 34	Ladera loma
27	0846024	1632853	-	-	Lote 34	Base loma
28	0846031	1632846	-	-	Lote 34	Base loma
29	0846005	1633690	-	-	Lote 34	Zona ondulada
30	0846005	1633705	-	-	Lote 34	Zona ondulada
31	**0845990**	**1633727**	**Un fragmento cerámico**	Superficie	Lote 34	Zona ondulada
32	0845957	1633730	-	-	Lote 34	Terreno revuelto
33	0845929	1633724	-	-	Lote 34	Terreno revuelto
34	0845904	1633731	-	-	Lote 34	Terreno revuelto
35	0845861	1633721	-	-	Lote 34	Terreno revuelto
36	0845848	1633715	-	-	Lote 34	Terreno revuelto
37	0845841	1633736	-	-	Lote 34	Zona ondulada
38	0845804	1633725	-	-	Lote 34	Zona ondulada
39	0845828	1633727	-	-	Lote 34	Zona ondulada
40	0845603	1632786	-	-	Lote 34	Loma alta; relleno helipuerto.
41	0845601	1632788	-	-	Lote 34	Loma alta; relleno helipuerto.

AREA DE SONDEO	COORDENADAS N	COORDENADAS E	TIPO DE EVIDENCIAS	PROFUNDIDAD EVIDENCIAS	SECTOR	OBSERVACIONES
42	0845598	1632796	-	-	Lote 34	Loma alta; relleno helipuerto.
43	0845568	1632781	-	-	Lote 34	Loma alta; relleno helipuerto.
44	0845605	1632746	-	-	Lote 34	Sedimentos arroyo
45	0845610	1632742	-		Lote 34	Sedimentos arroyo
46	**0845606**	**1632737**	**Fragmentos cerámicos**	40-50 cm.	Lote 34	Sedimentos arroyo
47	**0845611**	**1632724**	**Fragmentos cerámicos**	30 cm.; 50-60 cm.	Lote 34	Sedimentos arroyo
48	**0845630**	**1632749**	**Un fragmento cerámico**	30-40 cm.	Lote 34	Sedimentos arroyo
49	0845636	1632715	-	-	Lote 34	Sedimentos arroyo
50	0845609	1632713	-	-	Lote 34	Sedimentos arroyo
51	0845722	1632617	-	-	Lote 34	Sedimentos arroyo
52	0845730	1632623	-	-	Lote 34	Sedimentos arroyo
53	0845742	1632631	-	-	Lote 34	Zona ondulada
54	**0845768**	**1632641**	**Un fragmento cerámico**	30 cm.	Lote 34	Zona ondulada
55	A 5 m del área 54		-	-	Lote 34	Zona ondulada
56	A 20 m del área 55		-	-	Lote 34	Zona ondulada
57	0845771	1632654	-	-	Lote 34	Zona ondulada
58	0845808	1632703	-	-	Lote 34	Zona ondulada
59	A 10 m del área 58		-	-	Lote 34	Zona ondulada
60	0845820	A 5 m del anterior	-	-	Lote 34	Zona ondulada
61	0845857	1632750	-	-	Lote 34	Zona ondulada
62	0845870	1632751	-	-	Lote 34	Zona ondulada
63	0845869	1632761	-	-	Lote 34	Zona ondulada
64	0845858	1632770	-	-	Lote 34	Zona ondulada
65	0845888	1632782	-	-	Lote 34	Zona ondulada
66	0845919	1632814	-	-	Lote 34	Loma alta; restos de concreto, basuras, desechos.
67	0845905	1632778	-	-	Lote 34	Zona ondulada
68			-	-	Lote 34	Zona ondulada
69			-	-	Lote 34	Zona ondulada
70	0845922	1632768	-	-	Lote 34	Zona ondulada
71	0845789	1632809	-	-	Lote 34	Zona ondulada
72	A 10 m del área 71		-	-	Lote 34	Zona ondulada
73	A10 m del área 72		-	-	Lote 34	Zona ondulada
74	0845777	1632784	-	-	Lote 34	Zona ondulada
75	**0845636**	**1632786**	**Fragmentos cerámicos**	Superficie	Lote 34	Relleno, restos de concreto (camino al antiguo helipuerto)
76	0845651	1632790	-	-	Lote 34	Zona ondulada
77			-	-	Lote 34	Zona ondulada
78	0845677	1632786	-	-	Lote 34	Zona ondulada
79	**0845665**	**1632770**	**Dos Fragmentos cerámicos**	30 cm.	Lote 34	Zona ondulada
80	0845666	1632760	-	-	Lote 34	Zona ondulada
81	A 10 m del área 80		-	-	Lote 34	Zona ondulada
82	0845678	1632745	-	-	Lote 34	Zona ondulada
83	0845623	1632836	-	-	Lote 34	Zona ondulada
84	0845642	1632826	-	-	Lote 34	Zona ondulada
85	0845637	1632817	-	-	Lote 34	Zona ondulada
86	0845627	1632800	-	-	Lote 34	Zona ondulada
87	0845568	1632898	-	-	Lote 34	Zona ondulada

AREA DE SONDEO	COORDENADAS N	COORDENADAS E	TIPO DE EVIDENCIAS	PROFUNDIDAD EVIDENCIAS	SECTOR	OBSERVACIONES
88	0845557	1632918	-	-	Lote 34	Zona ondulada
89	0845556	1632930	-	-	Lote 34	Zona ondulada
90	0845548	1632937	-	-	Lote 34	Zona ondulada
91	0845547	1632947	-	-	Lote 34	Zona ondulada
92	0845534	1632914	-	-	Lote 34	Zona ondulada
93	0845534	1632930	-	-	Lote 34	Zona ondulada
94	0845537	1632940	-	-	Lote 34	Zona ondulada
95	0845533	1632946	-	-	Lote 34	Zona ondulada
96	0845521	1632974	-	-	Lote 34	Zona ondulada
97	0845520	1632982	-	-	Lote 34	Zona ondulada
98	0845518	1633028	-	-	Lote 34	Zona ondulada
99	0845514	1633003	-	-	Lote 34	Zona ondulada
100	0845540	1632991	-	-	Lote 34	Zona ondulada
101	0845537	1632999	-	-	Lote 34	Zona ondulada
102	0845518	1633028	-	-	Lote 34	Zona ondulada
103	0845495	1633056	-	-	Lote 34	Zona ondulada
104	0845498	1633070	-	-	Lote 34	Zona ondulada
105	0845505	1633093	-	-	Lote 34	Zona ondulada
106	0845490	1633087	-	-	Lote 34	Zona ondulada
107	0845509	1633112	-	-	Lote 34	Zona ondulada
108	0845471	1633711	-	-	Lote 52	Residuos de hidrocarburos, desechos.
109	0845481	1633729	-	-	Lote 52	Residuos de hidrocarburos, desechos.
110	0845489	1633719	-	-	Lote 52	Residuos de hidrocarburos, desechos.
111	0845485	1633714	-	-	Lote 52	Residuos de hidrocarburos, desechos.
112	0845476	1633796	-	-	Lote 52	Residuos de hidrocarburos, desechos.
113	0845515	1633711	-	-	Lote 52	Residuos de hidrocarburos, desechos.
114	0843571	1632928	-	-	Canchas	Arena
115	0843565	1632924	-	-	Canchas	Arena
116	0843550	1632909	-	-	Canchas	Arena
117	0843543	1632907	-	-	Canchas	Arena
118	0843563	1632904	-	-	Canchas	Arena
119	0843553	1632888	-	-	Canchas	Arena
120	0843709	1632882	-	-	Canchas	Relleno
121	0843743	1632890	-	-	Canchas	Relleno
122	0843763	1632894	-	-	Canchas	Relleno
123	0843764	1632915	-	-	Canchas	Relleno

Nota: En negrilla, los sitios de hallazgo arqueológico.

Foto 3-9 Área limpia en el Lote 1.



Foto 3-10 Sondeo arqueológico a 40 cm. de profundidad, sin evidencias arqueológicas.



Foto 3-11 Sondeos en el Lote 34



Foto 3-12 Fragmento cerámico en superficie, Lote 34



Foto 3-13 Fragmento cerámico en superficie, Lote 34[201].



[201] La escala mide 10 cm.; cada cuadrito equivale a 2 cm.

Foto 3-14 Área ondulada (lomas) en el Lote 34.



Foto 3-15 Sector ondulado al norte del Lote 34



Foto 3-16 Sondeos arqueológicos, Lote 52.



Foto 3-17 **Sondeo sin evidencias arqueológicas; se observan restos de hidrocarburos en la pared superior.**



Foto 3-18 **Recorrido durante la segunda visita, en el área que fue desmalezada.**



Foto 3-19 **Fragmento cerámico en superficie, cerca del Arroyo Grande.**



Foto 3-20 **Sondeos arqueológicos en sector ondulado, recién desmalezado.**



Foto 3-21 **Sondeo arqueológico, sin evidencias.**



Foto 3-22 **Restos de concreto en lomas cercanas al antiguo helipuerto.**



Foto 3-23 **Restos de concreto en el antiguo helipuerto**



Foto 3-24 **Sondeos en área boscosa, cerca del helipuerto.**



Foto 3-25 **Sondeo sin evidencias arqueológicas.**



Foto 3-26 **Revisión de terrenos removidos junto al Arroyo Grande, sector sur del Lote 34.**



Foto 3-27 **Sector de las canchas deportivas.**



Foto 3-28 **Sector de las canchas deportivas.**



Foto 3-29 Sondeos arqueológicos en inmediaciones de las canchas.



Foto 3-30 Sondeo sin evidencias arqueológicas.



Trabajo de Laboratorio El trabajo de laboratorio comprendió el análisis y la clasificación del material arqueológico hallado en campo. Primero el material recolectado fue sometido a un proceso de limpieza y, posteriormente, fue clasificado e incluido en un inventario para facilitar su análisis (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). El material cerámico se compone de 66 fragmentos y 2 desechos de barro cocido, hallados en las áreas de sondeo 14, 16, 21, 22, 31, 46, 47 48, 54, 75 y 79. Se identificaron dos colores de superficie: rojo (47 fragmentos) y café (19 fragmentos), (Foto 3-31 y Foto 3-32).

Foto 3-31 **Fragmentos de color rojo (borde evertido, cuerpo decorado y cuerpo sin decoración).**



Foto 3-32 **Fragmentos de color café (cuerpos sin decoración).**



La pasta presentó color rojizo (49 fragmentos), café (3 fragmentos) y crema (14 fragmentos); textura compacta (22 fragmentos) y granulosa-compacta (46 fragmentos), la cocción fue en atmósfera oxidante incompleta (66 fragmentos) y en atmósfera oxidante completa (2 fragmentos). La superficie estaba pulida en 1 fragmento rojo. Los fragmentos con presencia de hollín fueron 1 rojo y 1 café.

Las formas identificadas fueron: ollas con borde evertido (colores rojo y café), plato pando (color rojo) y un posible soporte, aplique o asa (Foto 3-32 y Foto 3-34).

Foto 3-33 Borde evertido, color café.

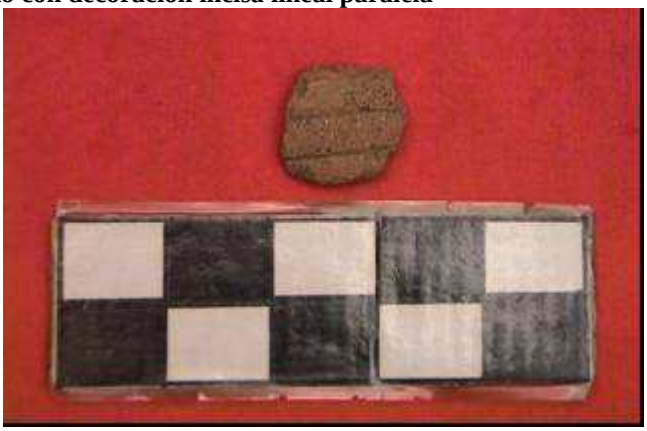


Dos de los fragmentos rojos presentaron decoración: incisa lineal paralela (1 fragmento) y presionado circular (1 fragmento), (Foto 3-34 y Foto 3-35). Ninguno de los fragmentos café presentó decoración.

Foto 3-34 Fragmento con decoración presionada circular.



Foto 3-35 Fragmento con decoración incisa lineal paralela



Debido a lo poco diagnóstico de la muestra, puede afirmarse que presenta características propias de la cerámica arqueológica de la región; pero no es posible asignar el material cerámico a un Complejo en particular.

El área de la Refinería de Cartagena está relacionada con la problemática arqueológica de la Costa Atlántica, específicamente con el sector denominado Corredor Costero (ICAN 1989). La Costa Atlántica ha permitido el paso y dispersión de diversos grupos humanos a través de los siglos, razón por la que se considera una región importante en el ámbito arqueológico.

Durante el reconocimiento arqueológico se realizaron dos visitas de campo, se recorrió el área de los lotes 1, 34 y 52, así como las inmediaciones de las canchas deportivas; se realizaron sondeos arqueológicos en 123 áreas, de las cuales 11 presentaron evidencias arqueológicas (fragmentos cerámicos), en superficie y sin contexto.

Se identificaron dos áreas de potencial arqueológico:

- Áreas de potencial arqueológico medio: corresponden a las áreas onduladas cercanas al Arroyo Grande (especialmente en el sector central del Lote 34).
- Áreas de potencial arqueológico bajo: Corresponden a las áreas restantes (Lotes 1, 52, canchas deportivas y sectores aledaños a ellas).

El material cerámico hallado se compone de 66 fragmentos y dos desechos de barro cocido; la muestra presentó dos colores de superficie (rojo y café), formas de ollas y platos, decoraciones incisa lineal paralela y presionado circular. El material presenta características propias de la cerámica arqueológica de la región, pero la muestra es poco diagnóstica y no permite ampliar las conclusiones respecto a sus fabricantes y la época a la que pertenecieron.

3.4.6 Dimensión político-organizativa

3.4.6.1 Aspectos políticos

En las elecciones de octubre de 2007, resultó elegido, como Gobernador de Bolívar Joaco Berrío Villareal, con un total de 209.058 votos, que representaron el 32.9% de la votación[202], con una diferencia sobre el siguiente candidato de 29.000 votos aproximadamente, que representa el 4.2% como se muestra en la Tabla 3-85.

Tabla 3-85 Resultado de elecciones para Gobernador Departamento de Bolívar

Partido	Votos	Porcentaje *(%)
JOACO HERNANDO BERRIO VILLARREAL	PARTIDO CAMBIO RADICAL	209,058
ALFONSO LOPEZ COSSIO	PARTIDO SOCIAL DE UNIDAD NACIONAL " PARTIDO DE LA U"	179,785
DIONISIO MIRANDA TEJEDOR	POLO DEMOCRÁTICO ALTERNATIVO	47,502
JESUS LEON PUELLO CHAMIE	PARTIDO CONSERVADOR COLOMBIANO	15,883
CESAR AUGUSTO PION GONZALEZ	MOVIMIENTO ALIANZA SOCIAL INDÍGENA	5,877

La Asamblea Departamental quedó conformada principalmente por el partido social de unidad nacional Partido de la U; Cambio Radical, el Movimiento de apertura liberal, el partido conservador colombiano y el partido liberal colombiano, como se muestra en la Tabla 3-86.

Tabla 3-86 Partidos con mayor votación

PARTIDO SOCIAL DE UNIDAD NACIONAL " PARTIDO DE LA U"	
PARTIDO CAMBIO RADICAL	
MOVIMIENTO APERTURA LIBERAL	
PARTIDO CONSERVADOR COLOMBIANO	
PARTIDO LIBERAL COLOMBIANO	

[202] Los porcentajes para los candidatos están calculados sobre el TOTAL DE LA VOTACION con truncamiento a dos decimales.

Podría pensarse que el Gobernador cuenta con una Asamblea que lo apoya, dado que el partido Cambio Radical al cual el pertenece quedó en segundo lugar en las votaciones. Adicionalmente los partidos que más votación obtuvieron en la Asamblea son de la corriente de Álvaro Uribe Vélez, el presidente de la República.

Como alcalde fue elegida Judith del Carmen Pinedo Florez con 116.755 votos que representaron el 44.24% de la votación de la ciudad y que superan ampliamente al siguiente candidato (17% aproximadamente).

Tabla 3-87 Resultado de elecciones para alcaldía de Cartagena.

Partido	Votos	Porcentaje (%)
JUDITH DEL CARMEN PINEDO FLOREZ	POR UNA SOLA CARTAGENA	116,755
JUAN CARLOS GOSSAIN ROGNINI	PARTIDO COLOMBIA DEMOCRÁTICA	71,537
YONNY COPETE GARZON	MOVIMIENTO COLOMBIA VIVA	20,773
ARGEMIRO BERMUDEZ VILLADIEGO	PARTIDO LIBERAL COLOMBIANO	5,542
RAFAEL ERNESTO VERGARA NAVARRO	POLO DEMOCRÁTICO ALTERNATIVO	2,937
MIGUEL NAVAS MEISEL	PARTIDO CONSERVADOR COLOMBIANO	2,243
CESAR FERNANDO ANAYA CUESTA	MOVIMIENTO ALIANZA SOCIAL AFROCOLOMBIANA "ASA"	1,542
ALFREDO JOSE PALIS TURBAY	MOVIMIENTO NACIONAL AFROCOLOMBIANO "AFRO"	624
FLAVIO ENRIQUE ROMERO FRIERI	MOVIMIENTO ALIANZA SOCIAL INDÍGENA	594
AMAURY ENRIQUE MARTELO VECCHIO	CARTAGENA SI PUEDE	425

El concejo Municipal se conformó como se ve en la Tabla 3-88.

Tabla 3-88 Conformación del concejo municipal del Distrito Turístico de Cartagena

Partido	Votos	Porcentaje * (%)
PARTIDO CONSERVADOR COLOMBIANO	37,107	14.15
PARTIDO SOCIAL DE UNIDAD NACIONAL " PARTIDO DE LA U"	34,596	13.19
PARTIDO CAMBIO RADICAL	30,993	11.82
MOVIMIENTO APERTURA LIBERAL	25,269	9.64
PARTIDO LIBERAL COLOMBIANO	21,157	8.07
POR UNA SOLA CARTAGENA	18,376	7.01
PARTIDO CONVERGENCIA CIUDADANA	16,876	6.44
POLO DEMOCRÁTICO ALTERNATIVO	11,471	4.37
PARTIDO COLOMBIA DEMOCRÁTICA	10,651	4.06
MOVIMIENTO " MIRA "	1,652	0.63
MOVIMIENTO NACIONAL AFROCOLOMBIANO "AFRO"	1,467	0.56
MOVIMIENTO ALAS-EQUIPO COLOMBIA	1,359	0.52
MOVIMIENTO ALIANZA SOCIAL INDÍGENA	689	0.26

3.4.6.2 Presencia institucional y organización comunitaria

La presencia institucional en Cartagena es importante, pues además de las instituciones gubernamentales del orden nacional, regional y municipal, se encuentran instituciones específicas por su condición de puerto y de ciudad costera. Es así como se cuenta con:

Dirección General Marítima - DIMAR[203], que ejerce su jurisdicción hasta el límite exterior de la zona económica exclusiva, en las siguientes áreas: aguas interiores marítimas incluyendo canales intercostales y de tráfico marítimo así como los sistemas marinos y fluviomarinos, mar territorial, zona contigua, zona económica exclusiva, lecho y subsuelo marinos, aguas suprayacentes, litorales incluyendo playas y terrenos de bajamar, puertos marítimos y fluviales, islas, islotes, cayos y ríos (art. 2 Decreto Ley 2324 de 1984) desde un (1) kilómetro antes de la iniciación de sus deltas incluyendo sus desembocaduras en el mar. También ejerce jurisdicción sobre las costas de la Nación y las riberas del sector de los ríos en una extensión de cincuenta (50) metros medidos desde la línea de la más alta marea y más alta creciente (Parágrafo Artículo 2 Decreto 2324 de 1984). DIMAR, en

[203]Es la autoridad marítima Nacional que ejecuta la política del Gobierno en materia marítima, y tiene por objeto la dirección, coordinación y control de las actividades establecidas en el artículo 3º del Decreto 2324; funciona como una dependencia del Ministerio de Defensa Nacional, tiene la calidad de autoridad marítima nacional y tiene a su cargo las capitanías de puerto, la instalación y mantenimiento de la señalización, la vigilancia y el control del tránsito marítimo y realizar investigación científica marina

cumplimiento de sus funciones adicionalmente, otorga concesiones, permisos y licencias para el uso de aguas, playas y zonas de bajamar para el ejercicio de actividades marítimas distintas de las portuarias, esta situación la obliga a mantener una relación de coordinación con las autoridades ambientales. (CARDIQUE - CRA - MMA 2001; Política nacional de ordenamiento integrado de las zonas costeras colombianas 1997). Dentro de su estructura administrativa la Dirección General Marítima (DIMAR) cuenta en el cumplimiento de sus funciones con las capitanías de puerto, centros de investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas y seccionales de señalización marítima.

Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas – CIOH: Tiene como misión desarrollar los programas de investigación de la Armada Nacional, DIMAR y apoyar a otras entidades que permitan la defensa, el conocimiento y el aprovechamiento de nuestros mares, así como la seguridad de la vida humana en el mar. Las funciones del CIOH son participar en proyectos de investigación conjunta con entidades nacionales e internacionales, mantener contacto con las principales universidades y centros de investigación dedicados al desarrollo de las Ciencias del Mar, realizar Investigación Científica Marina y ejecutar proyectos de investigación básica y aplicada en las áreas de las Ciencias del Mar orientados al estudio de las condiciones físico-químicas y dinámicas de los ecosistemas marinos (CARDIQUE, CRA & MAVDT 2002; Ministerio del Medio Ambiente 2000).

Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique – CARDIQUE: Su misión está encaminada a lograr el posicionamiento y fortalecimiento para ejercer el liderazgo en la gestión ambiental de la región, a través de la efectiva administración y conservación de los recursos naturales renovables y del medio ambiente, mediante la coordinación de los procesos de planificación de la gestión de los distintos entes territoriales de su jurisdicción que permita hacer realidad el principio de desarrollo humano sostenible (CARDIQUE, CRA & MMA, 2002; Ministerio del Medio Ambiente 2002).

Organizaciones No Gubernamentales - ONGs: Existen algunas organizaciones no gubernamentales medioambientales en el distrito, estas organizaciones tiene la posibilidad de participan en la toma de algunas decisiones en materia ambiental a nivel local (EPA) y regional (CARDIQUE), al participar en sus consejos directivos. Estas organizaciones pueden participar en la formulación, gestión y ejecución de proyectos que generalmente están destinados a la capacitación, investigación y realización de obras que contribuyen con la solución de alguno de los problemas ambientales distritales (GEO Cartagena 2007). Según datos de la cámara de comercio de 2004, en la ciudad existen 32 ONGs.

Área de influencia directa

La presencia institucional en la zona industrial de MAMONAL, está mediada ante todo por las autoridades e instituciones de carácter comercial, empresarial, tanto estatal como privado. Es así como algunas de las empresas de la zona están afiliadas a la ANDI

(Asociación Nacional de Empresarios de Colombia), que asume la representación y vocería de los afiliados ante organismos locales, regionales, Nacionales e Internacionales; así como ante instituciones privadas y/o mixtas de los diferentes sectores económicos y sociales, además de asesorarlos en asuntos económicos, jurídicos, tributarios, de comercio exterior, ambientales, sociales, entre otros.

La ANDI seccional Cartagena analiza permanentemente las necesidades crecientes de servicios públicos y coordina con las empresas prestadoras de dichos servicios sus propias necesidades de ampliación en la producción, con el fin de ofrecer permanentemente a los inversionistas garantías para el establecimiento en la zona de MAMONAL de nuevas industrias

En el ámbito social, como se mencionaba anteriormente, se encuentra también la fundación MAMONAL, organización de carácter privado y sin ánimo de lucro, que asocia a 33 de las empresas presentes en la zona industrial, con el fin de hacer presencia en las comunidades aledañas y en Cartagena en general, ante todo en lo concerniente al mejoramiento de la calidad de la educación de sus beneficiarios.

De otro lado, la autoridad ambiental Cardique, encargada de administrar el medio ambiente y los recursos naturales, propende por el desarrollo sostenible de las comunidades y distintos sectores productivos en sus tres (3) ecorregiones: Canal del Dique, Montes de María y Zona Costera - Ciénaga de La Virgen, mediante la ejecución de planes, programas y proyectos ambientales, utilizando su capacidad técnica innovadora, humana e investigativa.

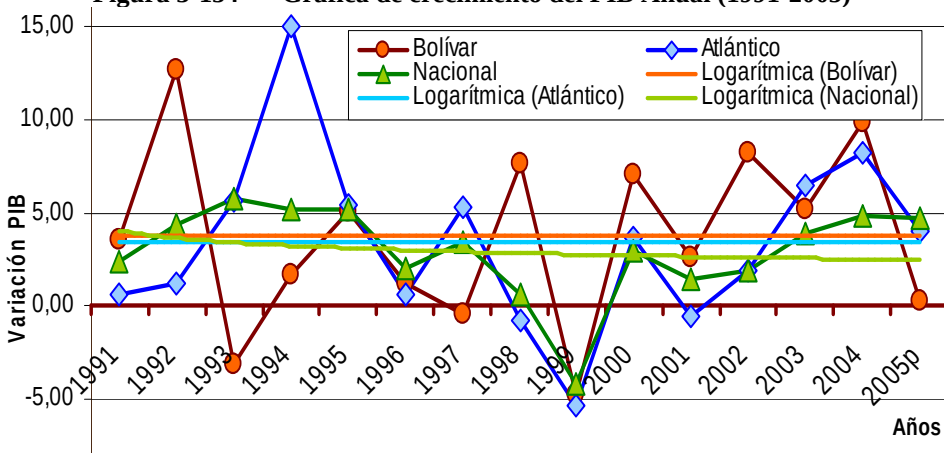
3.4.7 Tendencias del desarrollo

Área de influencia indirecta

En el PIB del departamento de Bolívar, Cartagena tiene una alta participación, lo mismo ocurre en Atlántico con Barranquilla. De hecho, estas dos ciudades se constituyen en polos de desarrollo para el Caribe colombiano. De la costa Caribe, estos dos departamentos son los que mayor aportan al PIB nacional. La Figura 3-154 muestra que la tendencia en el período 1991-2005 ha sido un mayor crecimiento del PIB de Bolívar, frente al del Atlántico, y que ambas tasas de crecimiento se encuentran por encima de la tasa de crecimiento del PIB nacional, la brecha tendiendo a ser mayor a partir del 2000: En los tres últimos años de cuentas nacionales 2002-2004, el crecimiento del PIB en Bolívar ha sido del 8,18, 5,17 y 9,88% respectivamente. En Atlántico ha sido algo menor. Ambos están muy por encima del promedio nacional que tiene registros de 1,93, 3,86 y 4,87% respectivamente.

Lo anterior se explica por las orientaciones de política hacia la apertura económica, donde el eje Barranquilla-Cartagena y posiblemente Santa Marta (con las exportaciones de carbón) se volvieron un polo de desarrollo para el crecimiento del país.

Figura 3-154 Gráfica de crecimiento del PIB Anual (1991-2005)



Fuente: DANE, cuentas nacionales.

Dadas las condiciones de reactivación de la economía mundial y los esquemas de competitividad y globalización, es de esperarse que a futuro Bolívar gane participación en su aporte al PIB nacional. De hecho, mientras en la década de los noventas esta participación fue del 3,48% en promedio, en el primer quinquenio del 2000 ésta ya había aumentado a 3,84%. La dinámica en Atlántico ha sido menor, de 4,38% aumentó a 4,48%.

Los proyectos estratégicos enunciados por las autoridades de la ciudad, que permitirán consolidar y complementar el desarrollo de la ciudad a partir del concepto de centralidades urbanas son los siguientes[204]:

- Corredor Logístico e industrial de El Bosque: Comprende la renovación del área que integra las zonas portuarias de Manga y El Bosque con la zona industrial de MAMONAL, mediante la localización de actividades logísticas, comerciales, financieras y de apoyo a los sectores productivos a lo largo del nuevo Corredor de Acceso Rápido a la Variante.
- Centro Tecnológico de Membrillal: Complementa en cuanto a equipamiento educativo las actividades portuarias, industriales y de servicios de apoyo a los sectores productivos. Se localiza equidistante a la zona verde, zona urbana al sur occidente y al Centro Poblado de Pasacaballos.

[204] Opcit. Artículo17. Proyectos Estratégicos en el área rural.

- Centralidad portuaria multimodal de Pasacaballos205: su ubicación es el punto de unión del Canal del Dique y el río Magdalena con la Bahía de Cartagena y el Corredor de Acceso Rápido a la Variante. Implica la potencialidad de desarrollo de esta centralidad portuaria con actividades logísticas de apoyo para estimular la comunicación fluvial de la ciudad, así como su uso para el desplazamiento y fomento de actividades turísticas y ecoturísticas. Para proteger las actividades residenciales del Centro Poblacional, la comunicación terrestre con la ciudad y la región debe generarse a partir de una vía perimetral a su área de expansión urbana.

En relación con el equilibrio entre los distintos sectores económicos, se busca incentivar el desarrollo agroindustrial del Sector de Membrillal y fomentar la vocación turística sostenible en los corregimientos de la isla de Tierra Bomba y La Boquilla, así como en Pasacaballos, teniendo en cuenta las posibles ofertas turísticas del Canal del Dique y su acceso multimodal.

A continuación se hace una breve descripción de los principales proyectos de desarrollo que tiene el Distrito de Cartagena según GEO Cartagena (2007).

Plan Maestro de Alcantarillado: con el Plan Maestro de Alcantarillado se pretende dotar a la Ciudad de Cartagena de la infraestructura básica adecuada para lograr su completo saneamiento, desde la recolección de las aguas servidas hasta su disposición final, incluyendo el sistema de tratamiento correspondiente. El plan está dividido en dos etapas: en la primera se previó el saneamiento de la vertiente de la Ciénaga, mientras que en la segunda etapa se dispuso el saneamiento de la parte de la Bahía. Las actuaciones principales que contempla el Plan Maestro son la construcción de los colectores necesarios para agrupar las aguas en un único punto de tratamiento y la construcción del sistema de disposición final que consiste en el Emisario Submarino. Información suministrada por Acuacar confirma que durante el año 2006 se finalizó el proyecto de Vertiente La Bahía -, financiado por el BID- con una inversión superior a los US$ 40 millones de dólares que permitió construir la infraestructura necesaria para habilitar y mejorar el sistema de Alcantarillado de las zonas cercanas a la vertiente de la Bahía. Se han eliminado los diferentes vertidos que existían, manteniendo en la actualidad tan solo la descarga a través del emisario de Manzanillo el cual será eliminado tan pronto este culminado el sistema de disposición de aguas residuales que se encuentra en construcción.

Plan Maestro de Canales Pluviales: en 1982 Cartagena concibió el primer y único Plan Maestro de Drenajes Pluviales (PMDP), a través de un programa de cooperación técnica con el PNUD (Col 73/ 004), para un área urbana de 2.300 hectáreas y una población de 435.000 habitantes, pero no existía un plan regulador para manejar de forma integral el conjunto de las descargas generadas por las nuevas urbanizaciones. Consciente de estas

[205] Ibid. Artículo19: Las Centralidades Rurales.

deficiencias, la Alcaldía Mayor de Cartagena, incluyó en el Plan de Ordenamiento Territorial como un proyecto prioritario para la ciudad la actualización del PMDP. En el año 2001 el Distrito elabora un diagnóstico preliminar de la situación de la red de drenaje pluvial de la ciudad pero solo hasta este año se adjudica el contrato para adelantar los estudios y diseños del plan con un costo de $2.587 millones.

Subproyecto de Caños y Lagos: este es uno de los proyectos más importantes de la ciudad, su objetivo es lograr el mejoramiento hidráulico del sistema de caños, lagunas y ciénagas del Distrito de Cartagena. Se inició en el año 1993 con la construcción del Eje I; en el año 1995 se ejecuto el Eje III, y solo hasta el año 2006 se reanudo en firme su ejecución. El eje II se desarrolla en el marco de un convenio entre CARDIQUE y Edurbe[206], e incluye los proyectos de la construcción de la Quinta Avenida de Manga, el Paseo Peatonal de la Avenida del Lago y la protección de orillas del sistema lagunar de la ciudad. El ente ejecutor es Edurbe. La inversión para estas obras asciende a los $37. 979.532.000,00.

Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos –PGIRS. La misión y responsabilidad del Distrito enmarcado en la normatividad vigente, son la planeación, coordinación, supervisión y control del servicio de aseo en el territorio. Actualmente el Distrito no cuenta con un sistema de gestión ambiental para el manejo de los residuos sólidos, a pesar de haber iniciado la formulación del Plan Integral de Residuos Sólidos PGIRS en el año 2002. La Alcaldía de Cartagena al no haber terminado aún dicho plan, ha incumplido los plazos establecidos por el gobierno nacional para su formulación. En el 2006 se concretó un convenio con la Universidad de Cartagena para su culminación. Este trabajo se adelanta con la participación de CARDIQUE, el EPA Cartagena, los nuevos consorcios de aseo, los recicladores organizados y el acompañamiento del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. El documento se presentará posteriormente al comité coordinador del PGIRS para su validación. En el mes de abril de 2007 se culminó la fase de caracterización de los residuos producidos en la ciudad.

Proyecto Piloto de Separación en la fuente y recolección selectiva en el Centro Histórico.
La EPA Cartagena en el año 2006 en convenio interadministrativo con EDURBE formuló el Proyecto Piloto de Separación en la fuente y recolección selectiva en el Centro Histórico. El Centro Nacional de Producción mas Limpia con el apoyo del gobierno Suizo y financiado por el Fondo de Protección para la Acción Ambiental FPAA, adelantó en el año 2001 el Proyecto BORSI (Bolsa Nacional de Residuos y Subproductos Industriales). Este proyecto a nivel nacional es un sistema de información desarrollado para promover la recuperación, reciclaje y reintegración de residuos y subproductos industriales. Su continuidad está planteada en los convenios suscritos por el centro con las dos autoridades ambiéntales desde hace dos años, sin embargo no ha sido posible su implementación

[206] Empresa de Desarrollo Urbano

El Plan de Gestión Ambiental para la región 2007-2009 de CARDIQUE[207] tiene como propósito consolidar las estrategias y los planes de conservación ambiental. La unidad de ordenamiento y zonificación ambiental que se toma de su jurisdicción es la ecorregión Zona Costera, en lo que tiene que ver con el Distrito de Cartagena. Las líneas estratégicas del PGAR son:

- Cuerpos de agua ambientalmente sanos.
- Bosques y manglares cono hábitat de biodiversidad.
- Procesos productivos endógenos.
- Mejor gestión y
- Educación ambiental, comunicación y participación ciudadana.

El Plan reconoce para el período 1990-2003 el crecimiento positivo del sector de pesca en la ecorregión, lo cual corresponde por una parte al desarrollo agroindustrial, con empresas comercializadoras de pescado y mariscos que se concentran en Cartagena y orientan su producción a mercados nacionales y exportaciones, y por otra parte, al aumento de la piscicultura sobre el delta del canal del Dique, donde el camarón de cultivo, con el establecimiento de 15 empresas, es de los más tecnificados de Latinoamérica y su producción, cerca de 9.000 toneladas al año, se dirige hacia los mercados externos[208].

El desarrollo del potencial turístico de la ciudad no entra en conflicto, en el uso del suelo, con la delimitación y el área de expansión industrial y portuaria de la zona de MAMONAL; es más, se espera que mejoramientos en la infraestructura portuaria (puerto integral) promuevan el mayor ingreso de viajeros extranjeros a la ciudad. Para la ciudad, el turismo es la principal fuente de generación de empleo: estadísticas registran que por cada 100 habitaciones hoteleras hay 90 empleos.

El establecimiento público ambiental (EPA) de la administración Distrital define cuatro instrumentos para su gestión: 1) Agendas ambientales locales, 2) el sistema de monitoreo de la gestión ambiental, 3) la estrategia de capacitación y 4) el sistema de información ambiental[209].

Área de influencia directa

En Cartagena, el corredor industrial y portuario de Manga – MAMONAL tiene una longitud de 20 Km. y cerca de 3.100 hectáreas ocupadas. Allí se localizan más de 150 empresas, 54 muelles (incluidos los astilleros), de los cuales cerca de 20 se orientan a

[207] CARDIQUE; Proyecto de discusión Plan de Acción Trienal 2007-2009.
[208] CARDIQUE, Ibid.
[209] Informe de Actualización sobre el Plan de Gestión Ambiental del Distrito de Cartagena. Diciembre del 2005.

actividades de comercio internacional. Este corredor se comunica con el resto del país por dos sistemas modales principales: 1) el carretero (carreteras troncal de Occidente, Cartagena-Medellín, y transversal del Caribe Cartagena-Barranquilla-Santa Marta-Maicao-Maracaibo) y 2) el fluvial, el cual comunica la bahía de Cartagena con el río Magdalena, a través del Canal del Dique. El Canal presenta un calado que varía entre 6 y 6,5 pies, lo que permite la navegación de planchones y remolcadores, y representa para el río Magdalena cerca del 85% de su carga, constituida básicamente por carbón y derivados del petróleo210.

La zona industrial de MAMONAL se constituye sin duda alguna en la zona que jalona la economía, no sólo de Cartagena, sino del Caribe colombiano y en parte la del país, pues adicionalmente a la industria están las zonas francas y los puertos, por donde ingresan y se exportan gran cantidad de productos e insumos para la industria nacional e internacional.

La zona industrial viene presentando crecimiento desde hace algunos años y se proyecta aún más, con el ingreso de nuevas industrias y capitales extranjeros para establecer sus plantas de producción.

El Plan de Ordenamiento Territorial de Cartagena delimitó el uso de los suelos en todo el distrito, área urbana y rural, y estableció la consolidación de las principales actividades económicas que jalonan su desarrollo: en la Bahía de Cartagena, desde Manga a Pasacaballos, las actividades portuarias e industriales fortalecidas por el corredor logístico que las integra. Se habilita un área de expansión urbana para uso industrial en MAMONAL, una vez se ocupen las áreas del territorio disponibles actualmente para el desarrollo de esta actividad. El objetivo de mediano plazo del POT es "prevenir la localización de asentamientos habitacionales en áreas afectadas por riesgos tecnológicos y por los impactos ambientales derivados de la actividad de la zona industrial de MAMONAL"[211].

El POT estipuló la formulación e implementación de un Plan Parcial de Reordenamiento de los asentamientos de la zona industrial de MAMONAL, que son Policarpa, Arroz Barato y Puerta de Hierro (en la parte norte). Define como objetivo principal el "prevenir los riesgos tecnológicos originados por la presencia de redes primarias de servicios públicos y los procesos tecnológicos que se realizan en las empresas de la zona industrial de MAMONAL, mediante el mejoramiento de las condiciones ambientales y de habitabilidad de la población residente, y la definición de programas para la prevención y mitigación de riesgos"[212]. Para ello, el POT busca una intervención categorizada como de redesarrollo, especificando que el Plan Parcial está destinado a "renovar totalmente las áreas urbanas que por total inadecuación en cuanto a usos y estructuras requieren de una política que propicie el

[210] Viloria de la Hoz, Joaquín. "Ciudades Portuarias del Caribe Colombiano: propuestas para competir en una economía globalizada". Documentos de trabajo sobre economía regional No. 80. Banco de la República – CEER. Cartagena, Noviembre 2006.
[211] Artículo 10.2 del Decreto 977/01.
[212] Artículo 91 del Decreto 977/01.

desarrollo de nuevas funciones en el área y la reubicación de sus habitantes"[213]. Así mismo, estableció que la ejecución del Plan Parcial se debe adelantar con la participación de la comunidad, la Administración Distrital y la Fundación MAMONAL.

Uno de los problemas ambientales que señala el Plan de Gestión de CARDIQUE con relación a la zona de MAMONAL es el inadecuado manejo de los residuos industriales. Un proyecto prioritario definido en el PAT es la recuperación y mantenimiento de los pozos y/o red de monitoreo de aguas subterráneas del área de influencia de MAMONAL. Para todo el Distrito de Cartagena se ha priorizado la infraestructura de alcantarillado, donde la zona de MAMONAL es un plano de inundación que requiere obras de protección. También CARDIQUE hace énfasis en las ejecuciones interinstitucionales que se derivan de la zonificación del manglar en la Bahía de Cartagena, con la delimitación de dos zonas de preservación, tres zonas de recuperación y una zona especial[214]. De esta forma, se concluye que el Plan de Gestión Ambiental de CARDIQUE zonifica áreas de interés para la protección y recuperación de los recursos naturales, compatibilizando ello con el desarrollo de actividades económicas en los sectores industrial, portuario y agroindustrial.

El actual plan de desarrollo para Cartagena presenta dos grandes ejes: la inversión social y el fortalecimiento de la competitividad, esto último "con base en la articulación y la cooperación de los sectores público y privado"[215], para la generación de empleo y la atracción de la inversión nacional e internacional en los sectores industriales, comerciales (puertos) y de servicios logísticos de apoyo, "a partir de las ventajas naturales y otras adquiridas en el marco de la globalización"[216].

Los objetivos para esta línea económica hacen referencia a continuar con la construcción de la infraestructura básica (servicios básicos y vías), prospectando las necesidades para los próximos 10 años y partiendo de un evidente rezago en las coberturas de la ciudad, frente a los promedios nacionales, en acueducto, alcantarillado y energía, así como el inicio de un proceso de institucionalización de políticas sostenibles para la competitividad.

El Plan de Desarrollo de Cartagena 2005-2007 agendó proyectos de interés, cuyos desarrollos requieren de la inversión del sector privado. Para el área de MAMONAL se especifican los siguientes[217]:

- Acceso Marginal del Sur.
- Plan Parcial de MAMONAL.

---

[213] Artículos 200 y 201 del Decreto 977/01.
[214] CARDIQUE, Ibíd.
[215] Artículo 2 del Acuerdo 016 del 19 de Mayo del 2006, por medio del cual se adopta el Plan de Desarrollo del Distrito de Cartagena 2005 – 2007.
[216] Artículo 4 y 5, Ibíd.
[217] Artículo 15, Ibíd.

- Centro de Desarrollo Tecnológico de Membrillal.
- Terminación del Hospital de Arroz Barato.
- Gestión y apoyo a la ampliación de la refinería de ECOPETROL.

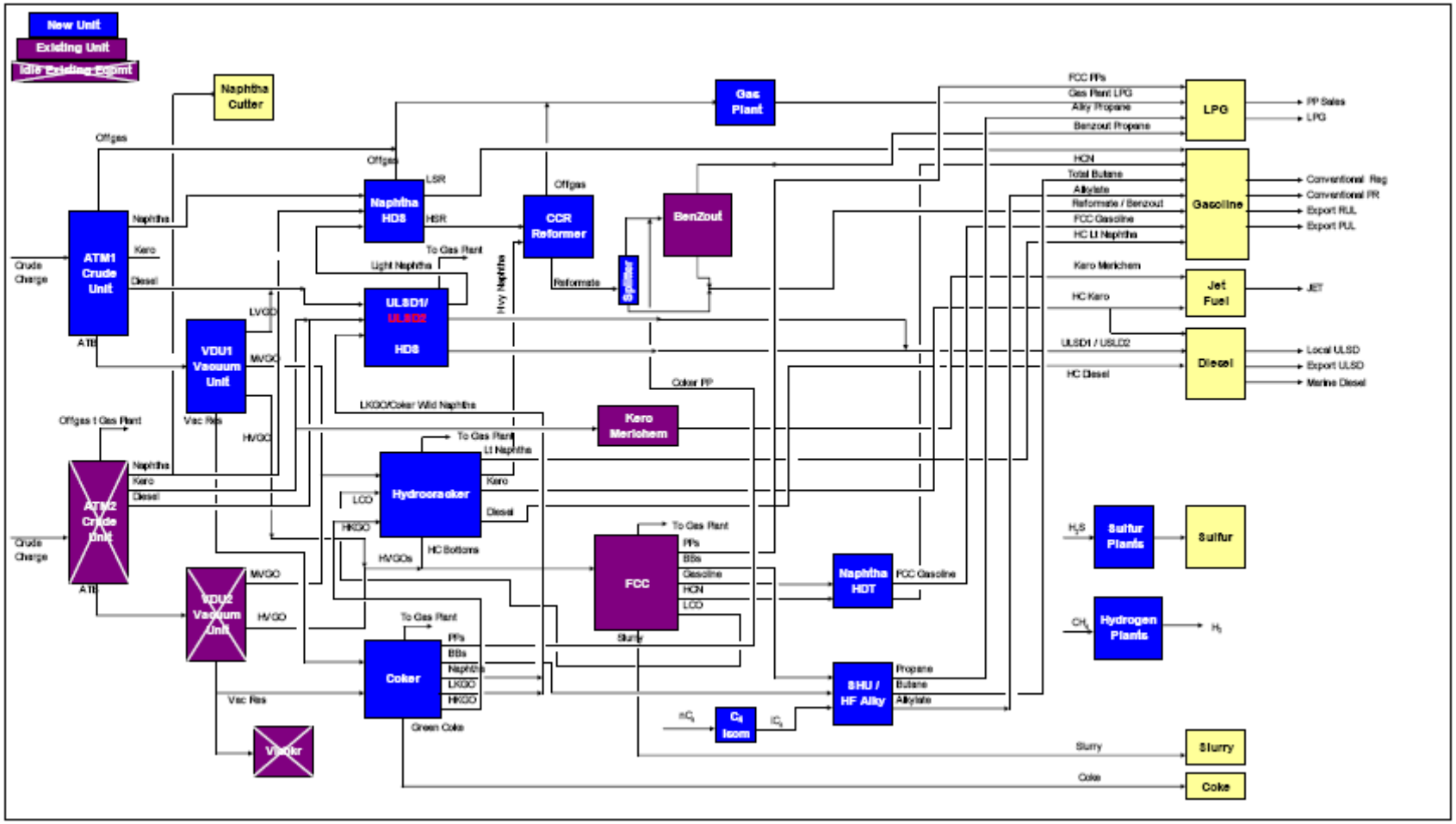
De esta forma, se concluye el interés de la administración local por impulsar los desarrollos industriales, portuarios y de servicios logísticos en el área de influencia directa del proyecto, con el reconocimiento que se debe ofrecer a los inversionistas la infraestructura básica requerida para sus procesos productivos y posibilitar las condiciones de competitividad del área.

3.4.8 Información sobre población a reasentar

Con la ejecución del proyecto no será necesario reasentar a ninguna persona ni comunidad, pues los terrenos donde se construirá la planta son privados, están listos para ser intervenidos por su escasa vegetación y ausencia de fuentes naturales de agua y no han sido ocupados por personas ni animales.

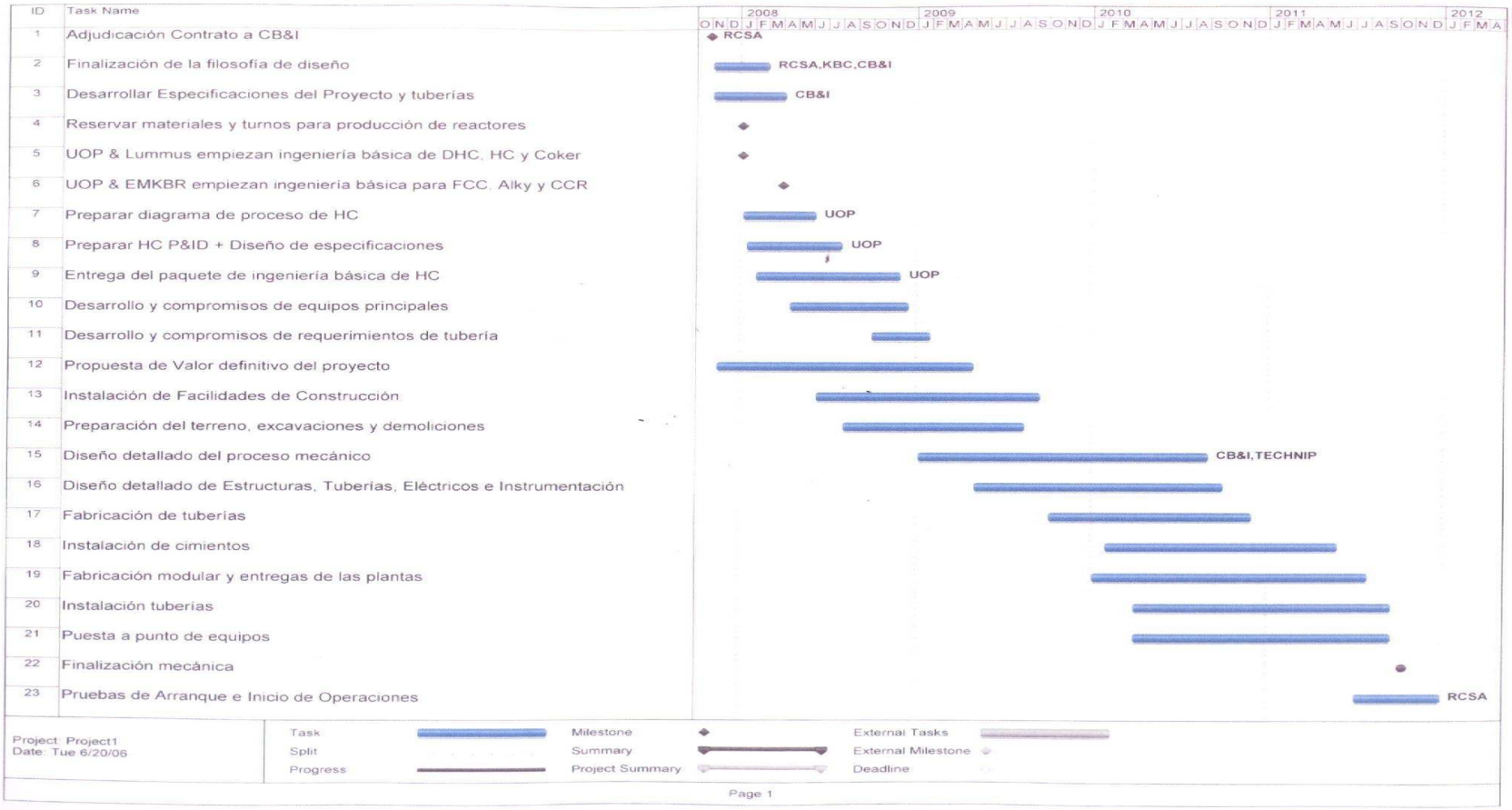
ANEXOS

ANEXO 0-1 Configuración futura de la Refinería de Cartagena S.A. – REFICAR – 2012



Fuente: REFICAR

ANEXO 0-2 Cronograma de actividades del proyecto de actualización y modernización de la Refinería de Cartagena S.A.



Fuente: CB&I.

ANEXO 3-1 Acuerdo No 033 del 03 de octubre de 2007

CONCEJO DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS
Que la presente copia es fiel y exacta de su original
Cartagena 4 de Octubre de 2007
Secretario General

CONCEJO DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS

Año 13 No. 132 Edición de 6 páginas Cartagena de Indias, 04 de Octubre de 2007

JOSE CARLOS PUELLO RUBIO DIRECTOR

MESA DIRECTIVA

ANTONIO QUINTO GUERRA VARELA
Presidente

CLARA CALDERON MUÑOZ
Primera Vicepresidente

RAFAEL ENRIQUE MEZA PEREZ
Segundo Vicepresidente

JOSE CARLOS PUELLO RUBIO
Secretario General

CONTENIDO

ACUERDO No. 033 DEL 03 DE OCTUBRE DE 2007 "POR MEDIO DEL CUAL SE MODIFICA EXCEPCIONALMENTE EL DECRETO DISTRITAL 0977 DE 2001, PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES"

Se fijo en cartelera el dia 04-10-2007

CONCEJO DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS
Gaceta No. 132
Octubre 04 de 2007

"POR MEDIO DEL CUAL SE MODIFICA EXCEPCIONALMENTE EL DECRETO DISTRITAL 0977 DE 2001, PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES"

EL HONORABLE CONCEJO DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS,

En uso de sus facultades legales, consagradas en el artículo 313 de la Constitución Política, 32 de la Ley 136 de 1994 y en especial las que le confiere la Ley 388 de 1997, modificada por la ley 902 de 2004 y su decreto reglamentario 4002 de 2004.

ACUERDA:

ARTICULO 1: Adoptase la modificación excepcional al Plan de Ordenamiento Territorial de Cartagena de Indias, Distrito Turístico y Cultural, Decreto 0977 de 2001, el cual está compuesto por el conjunto de instrumentos y normas que adelante se exponen.

ARTICULO 2: Hacen parte integrante de esta modificación del Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Turístico y Cultural de Cartagena de Indias, los siguientes documentos:

1. El documento técnico de soporte y ambiental, que está conformado de la siguiente manera:
Memorias Justificativas
Anexo Cartográfico.
Acta de concertación con las Autoridades ambientales respectiva.

ARTICULO 3. CARTOGRAFÍA DE LA MODIFICACION EXCEPCIONAL.

El conjunto de planos que conforman el anexo cartográfico de LAS MODIFICACIONES EXCEPCIONALES al Plan de Ordenamiento Territorial de Cartagena se describe en los siguientes numerales:

1. PLANO DE CLASIFICACION DEL SUELO - PFG 9A/6
2. PLANO DE CLASIFICACION DEL SUELO - PFG 9B/6
3. PLANO MODELO DE OCUPACION DEL TERRITORIO – PFG 1A/6
4. PLANO MODELO DE OCUPACION DEL TERRITORIO - PFG 1B/6
5. PLANO AREAS DE PROTECCION – PFG 2B/6
6. PLANO DE PLUSVALIA – PFG 6/6
7. PLANO USO DEL SUELO - PFU 5E/6
8. PLANO USO DEL SUELO - PFU 5B/6
9. PLANO DE TRATAMIENTO – PFU 2B/6
10. PLANO DE ZONIFICACION BARU - ESTRUCTURA PREDIAL - PFR 2/4
11. PLANO DE ZONIFICACION ZONA NORTE – PFR 3B/3
12. PLANO CENTRALIDAD MULTIMODAL - PFR 4/4

ARTÍCULO 4.- El Numeral 2 del artículo 15 del Capítulo III, de la Primera Parte del Decreto 0977 de 2001, quedara así:

2. La localización de las Actividades Económicas en el Modelo.

La localización de las actividades económicas existentes en la ciudad construida se consolida en el modelo, de acuerdo con los distintos ámbitos geográficos del territorio, así:

- La actividad turística y comercial se recupera en los barrios de Bocagrande y el Laguito, y en la zona norte de la Ciénaga de la Virgen; en esta última se complementa con actividades recreativas y equipamiento deportivo.
- En la Bahía de Cartagena desde Manga hasta el punto de unión de la bahía con el canal del Dique, en la Centralidad Portuaria Multimodal y la nueva zona de expansión industrial, las actividades portuarias e industriales fortalecidas por el corredor logístico que las integra. Se habilita toda el área de expansión urbana para uso industrial para ser incorporada a suelo urbano durante la vigencia del POT
- En el territorio insular de Barú y Tierrabomba las actividades turísticas y culturales enmarcadas en el desarrollo sostenible de la isla, excepto en el punto de unión de la bahía de Cartagena con el Canal del Dique en la centralidad portuaria multimodal.
- La actividad comercial se consolida y se desarrolla de forma desconcentrada mediante las centralidades urbanas

Se prioriza la conservación del patrimonio cultural inmueble y de los recursos naturales como elementos de identidad de la ciudad y fortaleza para el desarrollo de actividades sostenibles.

Se incentiva el desarrollo de los sectores primarios y la integración regional, mediante el fortalecimiento de la actividad en la zona norte y la creación de centros de comercialización inter-regional de productos, bienes y servicios.

ARTÍCULO 5.- El Numeral 3 del artículo 18 del Capítulo III, de la Primera Parte del Decreto 0977 de 2001, quedara así:

3. Centralidad portuaria multimodal.

CONCEJO DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS
Que la presente copia es fiel y exacta
de su original
de 2.00
Secretaria General

CONCEJO DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS
Gaceta No 132
Octubre 04 de 2007

hasta encontrar los puntos 11 y 12 en el arroyo Tabacal, y finalmente en la misma dirección, pasando por el punto 13 hasta encontrar el punto 14 localizado en la parte Sur del Caserío Tierra Baja. De este punto se sigue en dirección norte por el borde del Caserío de Tierra Baja, pasando por los puntos 15, 16, 19, 18, hasta llegar al punto 19 en el extremo norte de éste caserío. De este punto tomamos rumbo sureste hasta hallar el punto 20 ubicado en la parte norte del caserío Puerto Rey. Desde este punto se sigue en dirección sur por el borde del caserío, pasando por el punto 21 hasta encontrar el punto 22. Se sigue en dirección sureste pasando por los puntos 23 a 30, en línea quebrada, hasta hallar el punto 31 en el límite entre el suelo de expansión, el suelo suburbano y el suelo rural. Se sigue en dirección sur, pasando por los puntos 32 y 33 ubicados en el arroyo Tabaco, 34 y 35 ubicados en el arroyo Mamón, 36 al 40, 41 y 42 ubicados en el arroyo Chiricoco, 43 a 47, hasta llegar al punto 48 ubicado sobre la carretera de la Cordialidad. Seguimos por esta vía en sentido suroeste, rodeando la urbanización La India, pasando por los puntos 49 a 54, punto de intersección de la Variante Mamonal – Cartagena y la Carrera La Cordialidad. Seguimos en la misma dirección hasta hallar el punto 55 localizado en el barrio El Pozón. De aquí se sigue

bordeando el barrio El pozón, hasta llegar el punto 60 y luego de aquí al punto 1 o punto de partida, para cerrar el polígono.

También hacen parte de este suelo, la franja comprendida dentro de la siguiente poligonal: El punto inicial N. 61 se localiza en la Urbanización El Rodeo sobre la Carretera Troncal de Occidente. Se sigue por ésta hasta el punto 62 ubicado en la intersección de la variante Mamonal – Cartagena con la Troncal de Occidente en donde se toma rumbo suroeste y se sigue por la variante pasando por el punto 63 hasta encontrar el punto 64 ubicado en la intersección de la Variante Mamonal – Cartagena y el camino al asentamiento Nelson Mandela, luego se toma dirección noroeste por este camino hasta encontrar el punto 65 (Sector Las Vegas). Se sigue en sentido noreste hasta el punto 66, luego se bordea en línea quebrada la urbanización El Rodeo, pasando por los puntos 67, 68 y 69 hasta llegar al punto de partida o punto 61.

Igualmente hacen parte del suelo de expansión del Distrito, como suelo de expansión industrial, la franja de terreno localizada en las poligonales siguientes: a) Parte del punto 70 en la intersección de la Segunda Transversal de Mamonal con la Variante Mamonal – Gambote, se sigue en dirección oeste hasta encontrar el punto 71 y luego en dirección sur hasta encontrar el punto 72. Se sigue en dirección suroeste hasta el punto 73 en el límite del Corregimiento de Pasacaballos en donde se toma dirección este, por el límite del Corregimiento de Pasacaballos, hasta el punto 74 localizado sobre la Variante Mamonal Gambote en el límite con el Municipio de Turbaco. De aquí se toma rumbo norte, por la Variante Mamonal – Gambote, pasando por los puntos 75 a 79, hasta encontrar el punto 70 o punto de partida. b) Parte del punto 80 localizado en el límite de la zona industrial con el límite del corregimiento de Pasacaballos, toma rumbo noroeste hasta el punto 81 localizado en el borde de la Bahía de Cartagena. Se sigue por el borde de la Bahía y luego por la desembocadura del canal del Dique, hasta encontrar el punto 82, donde se toma rumbo este hasta encontrar el punto 83 localizado en la parte norte del Centro Poblado del Corregimiento de Pasacaballos. Pasando por los puntos 84 y 85 se sigue en sentido norte en línea quebrada, hasta el punto 80 o punto de partida.

Así mismo hace parte del suelo de expansión del distrito la nueva área destinada a uso industrial localizada en la poligonal comprendida entre los puntos de coordenadas 86 hasta 115, identificada y graficada en el PLANO USO DEL SUELO - PFU SE/5. Este suelo de expansión se habilita para los usos industrial 2, 3 y complementarios, los cuales serán definidos en el respectivo plan parcial.

Las coordenadas de los puntos de las poligonales anteriores son los siguientes:

Suelo localizado al oriente de la Ciénaga de la Virgen

PTO	ESTE	NORTE
1.	847886.85	1644224.18
2.	847888.90	1644293.28
3.	847858.17	1644291.50
4.	847900.65	1645152.86
5.	848211.72	1646316.93
6.	848225.01	1646375.03
7.	848472.78	1647481.32
8.	848343.05	1648240.79

PTO	ESTE	NORTE
44.	849768.01	1645075.52
45.	849909.80	1644747.39
46.	850140.22	1644428.13
47.	850647.90	1644198.92
48.	850917.50	1643951.25
49.	850631.49	1643638.40
50.	850288.00	1643424.00
51.	849898.40	1644068.97
52.	849794.18	1644004.90
53.	850167.37	1643328.87
54.	849944.65	1643118.67

Desembocadura del canal del Dique

80.	842384.52	1630202.14
81.	841931.72	1630532.98
82.	841574.97	1630219.86
83.	842134.18	1630046.40
84.	842214.96	1630144.84
85.	842258.55	1630093.62

Nuevo Suelo de Expansión industrial

86.	843850.00	1629905.00
87.	843448.00	1629151.00

CONCEJO DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS
Que la presente copia es fiel y exacta
de su original
Cartagena 12 de Mayo de 2.00
Secretario General

CONCEJO DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS
Gaceta No. 132
Octubre 04 de 2007

Su ubicación es el punto de unión entre la Bahía de Cartagena con el río Magdalena a través del Canal del Dique y el Corredor de Acceso Rápido a la Variante, entendiendo este espacio ubicado en suelo rural al comprendido entre la desembocadura del canal hasta la línea imaginaria entre el punto de cruce del centro poblado y la vía de acceso de la Isla de Baru actual, de conformidad con el plano PFR 4/4; implica la potencialidad de desarrollo de esta centralidad portuaria con actividades logísticas de apoyo para estimular la comunicación fluvial de la ciudad, así como su uso para el desplazamiento y fomento de actividades turísticas y Ecoturística.

Para proteger las actividades residenciales del Centro Poblacional, la comunicación terrestre con la ciudad y la región debe generarse a partir de una vía perimetral a su área de expansión urbana. Forman parte del fortalecimiento de esta centralidad la protección ambiental de los humedales y el control de la contaminación por diferentes fuentes. Se establecen para el punto de unión de la bahía con el canal del Dique antes descrita, la localización de actividades portuarias 2 y 3 e industrial 3 que permitan articular los suelos de expansión industrial con el comercio internacional, de acuerdo al siguiente cuadro.

USOS	ACTIVIDAD SUBURBANA
PRINCIPAL	Turística, Residencial, Vivienda temporal
COMPATIBLE	Comercial 1 y 2 – Industrial 1 – Portuario 1 – Agroindustrial
COMPLEMENTARIO	Institucional 1 y 2 - Portuario 2 y 3* - Industrial 3* * Centralidad Portuaria Multimodal
RESTRINGIDO	Institucional 3 y 4; Jardines Cementerios
PROHIBIDO	Comercial 3 y 4 – Portuario 4
Zona ÁREA Y FRENTE MINIMOS	AML: De 1 hasta 10 Ha – FML: 30 Mts Índice de ocupación: 10% Número de pisos 1 AML: De 10.1 hasta 30 ha – FML: 100 Mts Índice de ocupación: 10% Número de pisos 2 AML: Más de 30 ha – FML: 200 Mts Índice de ocupación: 10% Número de pisos 3
AREA LIBRE	90%
AISLAMIENTOS	10 m. mínimo en cada uno de los linderos
ESTACIONAMIENTOS	Para residentes mínimo 1 estacionamiento por cada vivienda Para comercio y oficina: mínimo 1 sitio por cada 80 m2 de zona comercial Para Hoteles y similares: mínimo 1 sitio de estacionamiento por cada 200 m2 de área construida o por cada 5 trabajadores permanentes. Todos los estacionamientos deberán ubicarse al interior del lote.

Esta Centralidad se encuentra indicada gráficamente en el PLANO MODELO DE OCUPACION DEL TERRITORIO – PFG 1B/6

PARAGRAFO: El presente cuadro reemplaza al cuadro No. 8 contenido en el Decreto 0977 de 2001 y se aplicara exclusivamente en el suelo suburbano del Distrito en reemplazo de lo dispuesto al respecto en el Acuerdo 14 de 1994

ARTICULO 6. Modifíquese y adiciónense dos Parágrafos al artículo 53 del Capítulo V de la Segunda Parte del Decreto 0977, así:

CONCEJO DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS
Que la presente copia es fiel y exacta
de su original
Cartagena [illegible] de Xiorg de 2.00

ARTICULO 53: DEL SUELO DE EXPANSIÓN DEL DISTRITO. Este suelo localizado al oriente de la Ciénaga de la Virgen, tendrá un área de protección, un área de expansión destinada para vivienda VIS (estratos 1, 2 y 3), la cual para su desarrollo seguirá los lineamientos del Macroproyecto Ciénaga de la Virgen y una zona para equipamientos distritales. Partiendo del punto No. 1 al Norte del barrio El Pozón, se sigue en sentido norte pasando por los puntos 2, 3, 4, hasta llegar a los puntos 5 y 6, localizados en el Arrollo Chiricoco, se sigue al punto 7 en donde se toma dirección noroeste, pasando por los puntos 8 y 9 localizados en el arroyo Mamón, el punto 10

CONCEJO DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS
Gaceta No. 132
Octubre 04 de 2007

ventajas comparativas de este territorio en la oferta de mano de obra se inserten en el proceso productivo que genere el suelo de expansión industrial.
- Construcción y operación de dotaciones de formación tecnológica y superior para la cualificación del potencial laboral de Pasacaballos, dirigido a su vinculación al desarrollo industrial, portuario y de servicios de este suelo de expansión industrial
- En el componente social del plan parcial de este suelo se brindara atención especial a las comunidades negras que se encuentren dentro del área de influencia del suelo de expansión industrial
- Establecer que el porcentaje de vivienda VIS que establezca el plan parcial de acuerdo al decreto 2181, en su artículo 24, Numeral 2, o norma que lo sustituya, se ejecute preferentemente en el corregimiento de Pasacaballos. Definir densidades y retiros que vinculen un aumento de áreas verdes, espacio público y arbolado al crecimiento industrial.
- Definir una franja de aislamiento ambiental dentro del área de expansión, en torno al asentamiento de Pasacaballos para la mitigación de los impactos de los usos más duros de la nueva zona de expansión industrial.
- Establecer un programa de producción limpia para el manejo de vertimientos, emisiones y residuos.

b. **ESTUDIOS PREVIOS:**

- Estudios ambientales
- Estudios de riesgos naturales y vulnerabilidad.
- Línea base ambiental
- Encadenamientos de ciclos y procesos productivos

ARTÍCULO 7.- Adiciónese un parágrafo al artículo 110 de la Parte III, Capítulo I, Subcapítulo II del Decreto 0977 de 2001, así:

PARAGRAFO: En los procesos físicos de mutación del territorio, como consecuencia de acciones naturales o antrópicas, anteriores a la expedición de la presente norma, en las que se presente el fenómeno de la consolidación del territorio sobre cuerpos de agua, ya sea por recuperación cuando ha sido ocupado por las aguas, o por retiro de las mismas, que se hallen definidos como baldíos por la normatividad legal vigente y que no corresponda a áreas declaradas como de reserva ambiental , de protección y conservación ambiental, el uso del suelo, el tratamiento, la norma urbanística y de reglamentación de actividades de este territorio recuperado o generado será el determinado por el Plan de Ordenamiento Territorial para el sector territorial principal al cual se integra.
En los procesos físicos de mutación del territorio en suelo rural y suburbano se tendrá en cuenta lo dispuesto en la ley 1152 de 2007

ARTÍCULO 8.- Ademas de las restricciones establecidas en los artículos, 237 y 238 del Capítulo VI, Subcapítulo III de la Tercera Parte del decreto 0977 de 2001. Prohíbase la construcción y funcionamiento de parqueaderos, estacionamientos, sitios o puestos para tractomula o tractocamión en todo el territorio del distrito de Cartagena, a excepción de la Central de Carga ZILCA.

PARAGRAFO: La prohibición sobre el funcionamiento de parqueaderos o estacionamientos para tractomula o tracto camión, regirá una vez entre en operación la central de carga.

ARTÍCULO 9.- Modificase el artículo 248 del Capítulo VI, Subcapítulo III de la Tercera parte del decreto 0977 de 2001, así:

PREDIOS CON ÁREAS MENORES A LAS PERMITIDAS.

Los predios que a la fecha de expedición del presente Acuerdo tengan un área menor a la mínima fijada para cada tipo de área residencial, deberán acreditar ante las curadurías urbanas, prueba de que el desenglobe del predio se efectuó antes del 20 de noviembre de 2001, fecha de expedición del Decreto 0977, anexando certificado de libertad y tradición y la o las escrituras públicas que lo demuestren. Deberá anexarse también la Carta Catastral expedida por el IGAC.

El área mínima del lote deberá ser de 50 m2, el frente mínimo de 5 mts. y aislamientos de antejardín y posterior de 2 mts. de frente, con una altura máxima de 2 pisos.

Para los programas de viviendas de interés social, tipos de vivienda unifamiliar y bifamiliar, construidos antes del 20 de noviembre de 2001, el área del lote, el frente mínimo y los aislamientos para obras de remodelación, ampliación y reconocimiento ante las curadurías urbanas, regirán los mismos requerimientos urbanísticos anteriores.

Las áreas de los lotes, frentes y requerimientos mínimos para los programas de viviendas de interés social que se proyecten en el Distrito, serán los siguientes:

CONCEJO DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS
Que la presente copia es fiel y exacta
de su original
Cartagena de de 2 00
Secretaria General

CONCEJO DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS
Gaceta No. 132
Octubre 04 de 2007

9.	848328.36	1648317.42
10.	848064.24	1649352.95
11.	847740.54	1650044.73
12.	847678.15	1650143.33
13.	847101.79	1651160.00
14.	847075.35	1651806.40
15.	847107.25	1651807.11
16.	847131.51	1651883.41
17.	847065.66	1651886.88
18.	847037.93	1652077.63
19.	847496.96	1652780.10
20.	848542.01	1651520.25
21.	848577.91	1651183.44
22.	848550.38	1650976.80
23.	848784.37	1650848.22
24.	849073.42	1650797.70
25.	849041.31	1650646.17
26.	849587.29	1650513.00
27.	849853.40	1650522.18
28.	850110.33	1650457.89
29.	850069.04	1650003.27
30.	850247.98	1649842.55
31.	850553.86	1649805.30
32.	850532.67	1649695.07
33.	850520.62	1649629.66
34.	850212.82	1648029.24
35.	850201.58	1647969.24
36.	850175.05	1647823.12
37.	849884.21	1647629.61
38.	849687.54	1647364.26
39.	849511.00	1646902.40
40.	849457.83	1646450.11
41.	849460.60	1646214.30
42.	849461.51	1646136.56
43.	849467.40	1645697.01

55.	849626.13	1643019.75
56.	849337.34	1643400.07
57.	849277.00	1643658.00
58.	848633.10	1644863.02
59.	848505.86	1644815.69
60.	848574.00	1644697.06

Área localizada en la Urbanización El Rodeo sobre la Carretera Troncal de Occidente

PTO	ESTE	NORTE
61.	848862.71	1639240.29
62.	849249.25	1638784.98
63.	848724.64	1638315.83
64.	847373.60	1637592.47
65.	846885.71	1638205.29
66.	847943.00	1639028.00
67.	848176.71	1638799.29
68.	848279.71	1638889.29
69.	848421.41	1638707.00

Suelo de expansión industrial

PTO	ESTE	NORTE
70.	846151.53	1632229.25
71.	844786.29	1632241.71
72.	844796.00	1631278.00
73.	843754.93	1629910.25
74.	846594.89	1629998.08
75.	846535.85	1630089.15
76.	846519.06	1630289.27
77.	846403.07	1630456.95
78.	846293.70	1631043.52
79.	846142.01	1631280.03

88.	843885.00	1629247.00
89.	844184.00	1629321.00
90.	844788.00	1629422.00
91.	843578.26	1628871.15
92.	843692.73	1628664.95
93.	843650.16	1628560.79
94.	844701.61	1628152.16
95.	845133.91	1629030.91
96.	845384.77	1628825.79
97.	845630.76	1628561.16
98.	845506.69	1628429.73
99.	845274.43	1627848.94
100.	845235.85	1627452.11
101.	846765.34	1627158.50
102.	846877.56	1627110.04
103.	847068.08	1627081.82
104.	847329.65	1627244.92
105.	847311.44	1627498.45
106.	847497.69	1627628.80
107.	847396.04	1627729.30
108.	847044.11	1628539.27
109.	846986.45	1628834.16
110.	846920.33	1628989.90
111.	846764.69	1629196.33
112.	846673.12	1629422.20
113.	846635.65	1629810.14
114.	846590.83	1629876.96
115.	846552.04	629992.52

PARAGRAFO 1: Los suelos urbanos de los centros poblados del Distrito de Cartagena, constituidos por las cabeceras corregimentales serán objeto de la aplicación de programas de vivienda de interés social, deberán cumplir con la reglamentación nacional y distrital que rige en esta materia y su altura máxima será de cuatro pisos en lo correspondiente al tipo de vivienda multifamiliar, así mismo el desarrollo de los suelos de expansión de los centros poblados urbanos se destinaran para programas de vivienda de interés social los cuales se desarrollaran a través de planes parciales.

El desarrollo de los suelos de expansión urbana para uso industrial del distrito se hará a través de planes parciales, respetando el reparto equitativo de las cagas y los beneficios, tal como lo señalan las normas vigentes y observando el siguiente objetivo y lineamientos:

OBJETIVO: Garantizar el desarrollo seguro y sostenible de los suelos de expansión industrial, previniendo los riesgos tecnológicos que origine la nueva industria y su impacto en el medio ambiente, garantizar el desarrollo económico y social de los pobladores del corregimiento de Pasacaballos, permitiendo que gran parte de los recursos económicos y de oportunidades que genera el desarrollo industrial de estos suelos de expansión sean invertidos en su gente.

a. **COMPONENTES:** Son componentes básicos de este plan los siguientes:

- Dotación de equipamientos, espacio público, vías y servicios públicos al corregimiento de Pasacaballos.
- La identificación de riesgos naturales y sus programas de mitigación.
- El programa de prevención de riesgos y los planes de emergencia para el manejo efectivo de eventuales accidentes tecnológicos por parte de quien desarrolle el proyecto con participación activa de la comunidad,
- Promover el arraigo y la cualificación de la población nativa o residente, como recurso social y cultural para que aprovechando las

CONCEJO DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS
Que la presente copia es fiel y exacta
de su original
Secretaria General

CONCEJO DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS
Gaceta No. 132
Octubre 04 de 2007

Tipo de vivienda	Lote Mínimo	Frente Mínimo	Aislamientos
Unifamiliar	50 M2	5 mts.	A* y P* 2 mts
Bifamiliar	105 mts	7 mts.	A* y P* 2 mts
Multifamiliar	320 mts	16 mts.	A* y P* 5 mts

A*: Antejardín. y P*: Posterior

El ancho de los espacios o cuartos habitables no debe ser inferior a dos con cincuenta (2.50) metros, ni su área menor que seis con veinticinco (6.25) metros cuadrados, con excepción de las cocinas cuya área de piso tampoco será inferior de tres (3.00) metros cuadrados.

En los demás aspectos se regirán por el Decreto 2060 de 2004 o las normas que lo sustituyan

PARAGRAFO 1: Las áreas mínimas para suelo rural suburbano se regirán por lo establecido en el Acuerdo 14 de 1995, acreditando ante las curadurías urbanas que el desenglobe del predio se efectuó antes del 25 de marzo de 1994.

ARTÍCULO 10 ZONAS BENEFICIARIAS DE PLUSVALIA.

Determinense las siguientes zonas beneficiarias de plusvalía originadas por acción o con ocasión de la presente modificación excepcional de normas urbanísticas:

- Toda la nueva área de expansión industrial, por reclasificación del suelo de rural a expansión urbana.
- La margen occidental del canal del dique en la centralidad portuaria y multimodal, por cambio de uso.
- Toda el área de influencia directa de la central de carga ZILCA, por construcción de obra pública

Estas zonas serán beneficiarias de plusvalía, sin perjuicio de las que señale el respectivo plan parcial para aquellas áreas determinadas y delimitadas como tal.

ARTÍCULO 11.- Autorízase al Alcalde Mayor del Distrito de Cartagena, por el termino de ocho (8) meses a partir de la promulgación del presente acuerdo para que compile en un solo cuerpo normativo las normas urbanísticas del Distrito y ajuste los planos generales de la modificación excepcional con los cambios introducidos por el Concejo Distrital.

ARTÍCULO 12. VIGENCIA Y DEROGATORIAS.

El presente Acuerdo se expide de conformidad con la normatividad constitucional y legal vigente, especialmente con el artículo 313 de la Constitución Política, 32 de la Ley 136 de 1994 y en especial las que le confiere la Ley 388 de 1997, modificada por la ley 902 de 2004 y su decreto reglamentario 4002 de 2004, y demás normatividad vigente y concordante y rige a partir de su sanción y publicación y deroga todas las normas que le sean contrarias.

Dado en Cartagena de Indias, a los dos (02) días del mes de Octubre del año dos mil siete (2007).

ANTONIO QUINTO GUERRA VARELA
Presidente

JOSE CARLOS PUELLO RUBIO
Secretario General

SECRETARIA GENERAL DEL CONCEJO DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS, D. T. Y C.; Cartagena de Indias, D. T. y C., a los dos (02) días del mes de Octubre del año dos mil siete (2007). **CERTIFICA**: Que el Acuerdo que antecede fue aprobado en comisión el día veintisiete (27) de Septiembre del 2007, y en Plenaria a los dos (02) días del mes de Octubre del año dos mil siete (2007).

JOSE CARLOS PUELLO RUBIO
Secretario General

ALCADIA DE CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.
En ejercicio de la facultad conferida por el numeral 5º del literal A del artículo 91 de la ley 136 de 1994, en la fecha se sanciona el presente Acuerdo "Por medio del cual se modifica excepcionalmente el Decreto Distrital 0977 de 2001, Plan de Ordenamiento Territorial y se dictan otras disposiciones"

Cartagena de Indias, Octubre 03 de 2007
PUBLIQUESE Y EJECUTESE

FELIPE MERLANO DE LA OSSA
Alcalde de Cartagena de Indias D. T. y C. (E)

CONCEJO DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS
Que la presente copia es fiel y exacta
de su original
Cartagena ___ de ___ de 2 00___
Secretario General

CONCEJO DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS
Gaceta No. 132
Octubre 04 de 2007

Tipo de vivienda	Lote Mínimo	Frente Mínimo	Aislamientos
Unifamiliar	50 M2	5 mts.	A* y P* 2 mts
Bifamiliar	105 mts	7 mts.	A* y P* 2 mts
Multifamiliar	320 mts	16 mts.	A* y P* 5 mts

A*: Antejardín y P*: Posterior

El ancho de los espacios o cuartos habitables no debe ser inferior a dos con cincuenta (2.50) metros, ni su área menor que seis con veinticinco (6.25) metros cuadrados, con excepción de las cocinas cuya área de piso tampoco será inferior de tres (3.00) metros cuadrados.

En los demás aspectos se regirán por el Decreto 2060 de 2004 o las normas que lo sustituyan

PARÁGRAFO 1: Las áreas mínimas para suelo rural suburbano se regirán por lo establecido en el Acuerdo 14 de 1995, acreditando ante las curadurías urbanas que el desenglobe del predio se efectuó antes del 25 de marzo de 1994.

ARTÍCULO 10. ZONAS BENEFICIARIAS DE PLUSVALIA.

Determinense las siguientes zonas beneficiarias de plusvalía originadas por acción o con ocasión de la presente modificación excepcional de normas urbanísticas:

- Toda la nueva área de expansión industrial, por reclasificación del suelo de rural a expansión urbana.
- La margen occidental del canal del dique en la centralidad portuaria y multimodal, por cambio de uso.
- Toda el área de influencia directa de la central de carga ZILCA, por construcción de obra pública

Estas zonas serán beneficiarias de plusvalía, sin perjuicio de las que señale el respectivo plan parcial para aquellas áreas determinadas y delimitadas como tal.

ARTÍCULO 11.- Autorízase al Alcalde Mayor del Distrito de Cartagena, por el termino de ocho (8) meses a partir de la promulgación del presente acuerdo para que compile en un solo cuerpo normativo las normas urbanísticas del Distrito y ajuste los planos generales de la modificación excepcional con los cambios introducidos por el Concejo Distrital.

ARTÍCULO 12. VIGENCIA Y DEROGATORIAS.

El presente Acuerdo se expide de conformidad con la normatividad constitucional y legal vigente, especialmente con el artículo 313 de la Constitución Política, 32 de la Ley 136 de 1994 y en especial las que le confiere la Ley 388 de 1997, modificada por la ley 902 de 2004 y su decreto reglamentario 4002 de 2004, y demás normatividad vigente y concordante y rige a partir de su sanción y publicación y deroga todas las normas que le sean contrarias.

Dado en Cartagena de Indias, a los dos (02) días del mes de Octubre del año dos mil siete (2007).

ANTONIO QUINTO GUERRA VARELA
Presidente

JOSE CARLOS PUELLO RUBIO
Secretario General

SECRETARIA GENERAL DEL CONCEJO DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS, D. T. Y C.; Cartagena de Indias, D. T. y C., a los dos (02) días del mes de Octubre del año dos mil siete (2007). **CERTIFICA:** Que el Acuerdo que antecede fue aprobado en comisión el día veintisiete (27) de Septiembre del 2007, y en Plenaria a los dos (02) días del mes de Octubre del año dos mil siete (2007).

JOSE CARLOS PUELLO RUBIO
Secretario General

ALCADIA DE CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.
En ejercicio de la facultad conferida por el numeral 5º del literal A del artículo 91 de la ley 136 de 1994, en la fecha se sanciona el presente Acuerdo "Por medio del cual se modifica excepcionalmente el Decreto Distrital 0977 de 2001, Plan de Ordenamiento Territorial y se dictan otras disposiciones"

Cartagena de Indias, Octubre 03 de 2007
PUBLIQUESE Y EJECUTESE

FELIPE MERLANO DE LA OSSA
Alcalde de Cartagena de Indias D. T. y C. (E)

CONCEJO DISTRITAL DE CARTAGENA DE INDIAS
Que la presente copia es fiel y exacta de su original
Cartagena 10 de Octubre de 2 007
Secretario General

ANEXO 3-2 Resultados del estudio de suelos.

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA GAMA DE HIDROCARBUROS DE PETROLEO

No	Parámetro	Petroleum Hydrocarbons C6 - C12	Petroleum Hydrocarbons C12 - C28	Petroleum Hydrocarbons C28 - C35	Petroleum Hydrocarbons C6 - C35
	Método de Análisis	**TNRCC 1005**	**TNRCC 1005**	**TNRCC 1005**	**TNRCC 1005**
	L.D.M.	**Entre 49,8 a 100 para una muestra 249,2**			
	Unidades	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**
	L.P.N.H.	**----**	**----**	**----**	**5,000**
	Código Muestra				
1	RC-S01 (0,8 - 1,0)	ND	ND	ND	ND
2	RC-S02 (0,9 - 1,1)	ND	95	ND	95
3	RC-S03 (1,4 - 1,6)	ND	236	ND	236
4	RC-S04 (1,8 - 2,0)	124	195	ND	319
5	RC-S05 (1,9 - 2,1)	ND	84	ND	84
6	RC-S06 (1,5 - 1,7)	ND	67	ND	67
7	AAD-1 (2,7 - 2,9)	ND	ND	ND	ND
8	AAD-2 (2,4 - 2,9)	ND	ND	ND	ND
9	AAD-3 (1,3 - 1,5)	ND	ND	ND	ND
10	AAD-4 (0,0 - 0,5)	ND	ND	ND	ND
11	AAD-5 (2,3 - 2,5)	ND	ND	ND	ND
12	AAD-6 (2,6 - 2,8)	ND	ND	ND	ND
13	AAD-7 (1,3 - 1,5)	ND	ND	ND	ND
14	AAD-8 (2,8 - 3,0)	ND	ND	ND	ND
15	AAD-9 (1,5 - 1,7)	ND	ND	ND	ND
16	AAD-10 (1,2 - 1,4)	ND	877	ND	877
17	**AAD-11 (1,1 - 1,5)**	ND	142	ND	142
18	FDL-3 (0,0 - 0,5)	ND	541	154	698
19	FDL-5 (1,0 - 1,4)	81	449	ND	530
20	FDL-8 (1,0 - 1,3)	81	878	ND	1040
21	FDL-9 (0,0 - 0,5)	ND	172	80	253
22	FDL-10 (0,0 - 0,5)	ND	696	209	905
23	**FDL-20 (1,4 - 1,8)**	ND	429	206	636
24	FDL-11 (1,3 - 1,5)	ND	ND	ND	ND
25	CHA-02 (1,0 - 1,3)	ND	ND	ND	ND
26	CHA-03 (1,5 - 1,7)	ND	ND	ND	ND
27	API-02 (2,7 - 3,0)	302	411	ND	714
28	API-05 (1,0 - 1,2)	122	397	ND	520
29	API-06 (2,7 - 3,0)	ND	58	ND	58
30	TKE-01 (0,8 - 1,0)	ND	1150	ND	1150
31	TKE-01 (1,8 - 2,0)	ND	1580	ND	1580
32	TKE-02 (1,4 - 1,6)	ND	180	ND	180
33	**TKE-03 (1,6 - 1,8)**	ND	ND	ND	ND

L.D.M. = Límite de Detección del Método (LDM)
L.P.N.H. = Límite Permisible de Norma Holandesa
N.D. = Valor menor que el L.D.M. (No Detectado)

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (VOCs)

No	Parámetro	Benzene	Bromodichloromethane	Bromoform	Bromomethane	Carbon Tetrachloride (tetrachloromethane)	Chlorobenzene	Chloroethane	Chloroform (triClorometh ane)	Chloromethane	Dibromochloromethane	1 2-Dibromo-3-chloropropane	1 2-Dibromoethane (EDB)	Dibromomethane	Dichlorodifluoromethane	1 1-Dichloroethane	1 2-Dichloroethane	1 1-Dichloroethene	trans-1 2-Dichloroethene	1 2-Dichloropropane	Ethylbenzene	Methylene chloride (dichloromethane)	Styrene	1 1 1 2-Tetrachloroethane	1 1 2 2-Tetrachloroethane	Tetrachloroethene	Toluene	1 1 1-Trichloroethane
	Método de Análisis	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B
	L.D.M.	9,62	6,15	6,15	13,08	6,15	6,15	13,08	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	9,62	13,08	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15
	Unidades	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg
	L.H. T.V.	10	-----	-----	-----	40	30	-----	20	-----	-----	-----	-----	-----	-----	20	20	100	200	2	30	400	300	-----	-----	2	10	70
	L.H. I.V.	1,000				1,000	30,000		10,000							15,000	4,000	300	1,000	2,000	50,000	10,000	100,000	-----	-----	4,000	130,000	15,000
	Código Muestra																											
1	RC-S01 (0,8 - 1,0)																											
2	RC-S02 (0,9 - 1,1)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3	RC-S03 (1,4 - 1,6)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4	RC-S04 (1,8 - 2,0)	368	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	818	ND	ND	ND	ND	ND	37	ND
5	RC-S05 (1,9 - 2,1)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
6	RC-S06 (1,5 - 1,7)																											
7	AAD-1 (2,7 - 2,9)																											
8	AAD-2 (2,4 - 2,9)																											
9	AAD-3 (1,3 - 1,5)																											
10	AAD-4 (0,0 - 0,5)																											
11	AAD-5 (2,3 - 2,5)																											
12	AAD-6 (2,6 - 2,8)																											
13	AAD-7 (1,3 - 1,5)																											
14	AAD-8 (2,8 - 3,0)																											

ARAÚJO IBARRA
CONSULTORES EN NEGOCIOS INTERNACIONALES

reficar
Refinería de Cartagena S.A.

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (VOCs)

No	Parámetro	Benzene	Bromodichloromethane	Bromoform	Bromomethane	Carbon Tetrachloride (tetrachloromethane)	Chlorobenzene	Chloroethane	Chloroform (triCloromethane)	Chloromethane	Dibromochloromethane	1 2-Dibromo-3-chloropropane	1 2-Dibromoethane (EDB)	Dibromomethane	Dichlorodifluoromethane	1 1-Dichloroethane	1 2-Dichloroethane	1 1-Dichloroethene	trans-1 2-Dichloroethene	1 2-Dichloropropane	Ethylbenzene	Methylene chloride (dichloromethane)	Styrene	1 1 1 2-Tetrachloroethane	1 1 2 2-Tetrachloroethane	Tetrachloroethene	Toluene	1 1 1-Trichloroethane
	Método de Análisis	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B
	L.D.M.	9,62	6,15	6,15	13,08	6,15	6,15	13,08	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	9,62	13,08	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15
	Unidades	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg
	L.H. T.V.	10	-----	-----	-----	40	30	-----	20	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	20	20	100	200	2	30	400	300	-----	-----	2	10	70
	L.H. I.V.	1,000				1,000	30,000		10,000								15,000	4,000	300	1,000	2,000	50,000	10,000	100,000	-----	-----	4,000	130,000	15,000
	Código Muestra																												
15	AAD-9 (1,5 - 1,7)																												
16	AAD-10 (1,2 - 1,4)																												
17	**AAD-11 (1,1 - 1,5)**																												
18	FDL-3 (0,0 - 0,5)																												
19	FDL-5 (1,0 - 1,4)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5,75	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
20	FDL-8 (1,0 - 1,3)	6,69	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	13	ND	ND	ND	ND	ND	5,25	ND
21	FDL-9 (0,0 - 0,5)																												
22	FDL-10 (0,0 - 0,5)	5,57	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
23	**FDL-20 (1,4 - 1,8)**	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
24	FDL-11 (1,3 - 1,5)																												
25	CHA-02 (1,0 - 1,3)																												
26	CHA-03 (1,5 - 1,7)																												
27	API-02 (2,7 - 3,0)	87,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	374	ND	ND	ND	ND	ND	149	ND
28	API-05 (1,0 - 1,2)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	22,7	ND	ND	ND	ND	ND	11,9	ND

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (VOCs)

No	Parámetro	Benzene	Bromodichloromethane	Bromoform	Bromomethane	Carbon Tetrachloride (tetrachloromethane)	Chlorobenzene	Chloroethane	Chloroform (triClorometh ane)	Chloromethane	Dibromochloromethane	1 2-Dibromo-3-chloropropane	1 2-Dibromoethane (EDB)	Dibromomethane	Dichlorodifluoromethane	1 1-Dichloroethane	1 2-Dichloroethane	1 1-Dichloroethene	trans-1 2-Dichloroethene	1 2-Dichloropropane	Ethylbenzene	Methylene chloride (dichloromethane)	Styrene	1 1 1 2-Tetrachloroethane	1 1 2 2-Tetrachloroethane	Tetrachloroethene	Toluene	1 1 1-Trichloroethane
	Método de Análisis	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B	SW - 8468260B
	L.D.M.	9,62	6,15	6,15	13,08	6,15	6,15	13,08	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	9,62	13,08	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15
	Unidades	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg
	L.H. T.V.	10	-----	-----	-----	40	30	-----	20	-----	-----	-----	-----	-----	-----	20	20	100	200	2	30	400	300	-----	-----	2	10	70
	L.H. I.V.	1,000				1,000	30,000		10,000							15,000	4,000	300	1,000	2,000	50,000	10,000	100,000	-----	-----	4,000	130,000	15,000
	Código Muestra																											
29	API-06 (2,7 - 3,0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	11,3	ND	ND	ND	ND	ND	6,32	ND
30	TKE-01 (0,8 - 1,0)																											
31	TKE-01 (1,8 - 2,0)																											
32	TKE-02 (1,4 - 1,6)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
33	**TKE-03 (1,6 - 1,8)**	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	TRIP BLANK	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

L.D.M. = Límite de Detección del Método

L.H. T.V. = Lista Holanda Target Value (concentración natural o meta en proyecto de remediación de suelos contaminados)
L.H. I.V. = Lista Holanda Intervention Value (concentración a partir de la cual se debe implementar un programa de remediación de suelos).
ND = Valor menor que el L.D.M. (No Detectado)
NA = No analizado

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (VOCs)

No	Parámetro	1 1 2-Trichloroethane	Trichloroethene	Trichlorofluoromethane	1 2 3-Trichloropropane	Vinyl Chloride	Xylenes (total)	Acrolein	Acetone	Carbon Disulfide	Acrylonitrile	Vinyl Acetate	Methyl Ethyl Ketone (2-Butanone)	Methyl methacrylate	cis-1 3-Dichloropropene	trans-1 3-Dichloropropene	2-Hexanone	4-Methyl-2-pentanone (MIBK)	Iodomethane	trans-1 4-Dichloro-2-butene	Allyl chloride	Ethyl Methacrylate	2-Chloro- 1 3-butadiene (chloroprene)	Acetonitrile	1 4-Dioxane	Propionitrile	Isobutyl Alcohol	Methacrylonitrile
	Método de Análisis	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B
	L.D.M.	6,15	6,15	13,08	6,15	13,08	19,62	32,31	13,08	6,15	32,31	13,08	13,08	13,08	6,15	6,15	13,08	13,08	6,15	13,08	6,15	6,15	6,15	13,08	653,85	6,15	65,38	6,15
	Unidades	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg
	L.H. T.V.	400	100	-----	-----	10	100	-----	-----	-----	0.007	-----	0	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
	L.H. I.V.	10,000	60,000	-----	-----	100	25,000	-----	30.000*	-----	100	-----	35,000	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	33000*	-----	-----	-----
	Código Muestra																											
1	RC-S01 (0,8 - 1,0)																											
2	RC-S02 (0,9 - 1,1)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	11,7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3	RC-S03 (1,4 - 1,6)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	47	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4	RC-S04 (1,8 - 2,0)	ND	ND	ND	ND	ND	103	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
5	RC-S05 (1,9 - 2,1)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
6	RC-S06 (1,5 - 1,7)																											
7	AAD-1 (2,7 - 2,9)																											
8	AAD-2 (2,4 - 2,9)																											
9	AAD-3 (1,3 - 1,5)																											
10	AAD-4 (0,0 - 0,5)																											
11	AAD-5 (2,3 - 2,5)																											

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (VOCs)

No	Parámetro	1 1 2-Trichloroethane	Trichloroethene	Trichlorofluoromethane	1 2 3-Trichloropropane	Vinyl Chloride	Xylenes (total)	Acrolein	Acetone	Carbon Disulfide	Acrylonitrile	Vinyl Acetate	Methyl Ethyl Ketone (2-Butanone)	Methyl methacrylate	cis-1 3-Dichloropropene	trans-1 3-Dichloropropene	2-Hexanone	4-Methyl-2-pentanone (MIBK)	Iodomethane	trans-1 4-Dichloro-2-butene	Allyl chloride	Ethyl Methacrylate	2-Chloro- 1 3-butadiene (chloroprene)	Acetonitrile	1 4-Dioxane	Propionitrile	Isobutyl Alcohol	Methacrylonitrile
	Método de Análisis	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B
	L.D.M.	6,15	6,15	13,08	6,15	13,08	19,62	32,31	13,08	6,15	32,31	13,08	13,08	13,08	6,15	6,15	13,08	13,08	6,15	13,08	6,15	6,15	6,15	13,08	653,85	6,15	65,38	6,15
	Unidades	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg
	L.H. T.V.	400	100	-----	-----	10	100	-----	-----	-----	0.007	-----	0	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
	L.H. I.V.	10,000	60,000	-----	-----	100	25,000	-----	30.000*	-----	100	-----	35,000	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	33000*	-----	-----	-----
	Código Muestra																											
12	AAD-6 (2,6 - 2,8)																											
13	AAD-7 (1,3 - 1,5)																											
14	AAD-8 (2,8 - 3,0)																											
15	AAD-9 (1,5 - 1,7)																											
16	AAD-10 (1,2 - 1,4)																											
17	**AAD-11 (1,1 - 1,5)**																											
18	FDL-3 (0,0 - 0,5)																											
19	FDL-5 (1,0 - 1,4)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
20	FDL-8 (1,0 - 1,3)	ND	ND	ND	ND	ND	16,5	ND	ND	ND	ND	ND	19,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
21	FDL-9 (0,0 - 0,5)																											
22	FDL-10 (0,0 - 0,5)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	15,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
23	**FDL-20 (1,4 - 1,8)**	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
24	FDL-11 (1,3 - 1,5)																											
25	CHA-02 (1,0 - 1,3)																											

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (VOCs)

No	Parámetro	1 1 2-Trichloroethane	Trichloroethene	Trichlorofluoromethane	1 2 3-Trichloropropane	Vinyl Chloride	Xylenes (total)	Acrolein	Acetone	Carbon Disulfide	Acrylonitrile	Vinyl Acetate	Methyl Ethyl Ketone (2-Butanone)	Methyl methacrylate	cis-1 3-Dichloropropene	trans-1 3-Dichloropropene	2-Hexanone	4-Methyl-2-pentanone (MIBK)	Iodomethane	trans-1 4-Dichloro-2-butene	Allyl chloride	Ethyl Methacrylate	2-Chloro- 1 3-butadiene (chloroprene)	Acetonitrile	1 4-Dioxane	Propionitrile	Isobutyl Alcohol	Methacrylonitrile
	Método de Análisis	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B	SW-8468260B
	L.D.M.	6,15	6,15	13,08	6,15	13,08	19,62	32,31	13,08	6,15	32,31	13,08	13,08	13,08	6,15	6,15	13,08	13,08	6,15	13,08	6,15	6,15	6,15	13,08	653,85	6,15	65,38	6,15
	Unidades	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg
	L.H. T.V.	400	100	-----	-----	10	100	-----	-----	-----	0.007	-----	0	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
	L.H. I.V.	10,000	60,000	-----	-----	100	25,000	-----	30.000*	-----	100	-----	35,000	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	33000*	-----	-----	-----
	Código Muestra																											
26	CHA-03 (1,5 - 1,7)																											
27	API-02 (2,7 - 3,0)	ND	ND	ND	ND	ND	929	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
28	API-05 (1,0 - 1,2)	ND	ND	ND	ND	ND	21,6	ND	70,8	ND	ND	ND	23	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
29	API-06 (2,7 - 3,0)	ND	ND	ND	ND	ND	27,5	ND	25,9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
30	TKE-01 (0,8 - 1,0)																											
31	TKE-01 (1,8 - 2,0)																											
32	TKE-02 (1,4 - 1,6)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
33	**TKE-03 (1,6 - 1,8)**	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	TRIP BLANK	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

L.D.M. = Límite de Detección del Método (LDM)
L.H. T.V. = Lista Holanda Target Value (concentración natural o meta en proyecto de remediación de suelos contaminados
L.H. I.V. = Lista Holanda Intervention Value (concentración a partir de la cual se debe implementar un programa de remediación de suelos).
N.D. = Valor menor que el L.D.M. (No Detectado)
NA = No analizado
* Lista Holanda: Ad-hoc Human toxicológicas Serious Soil Contamination Concentration.

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA COMPUESTOS ORGÁNICOS SEMI VOLÁTILES (SVOCs)

No	Parámetro	1 2 4 5-Tetrachlorobencene	1 4-Naphthoquinone	1-Naphthylamine	2 6-Dichlorophenol	2-Acetylaminofluorene	2-Naphthylamine	2-Picoline	3 3-Dichlorobenzidine	3 3-Dimethylbenzidine	3-Methylcholanthrene	4-Aminobiphenyl	4-Nitroquinolione-1-oxide	5-Nitro-o-toluidine	7 12-Dimethylbenz(a)anthracene	Acetophenone	Aramite	Chlorobenzilate	Diallate	Dimethoate	Ethyl Methane Sulfonate	Hexachloropropene	Isodrin	Isosafrole	Methapyrilene	Methyl Methane Sulfonate	O O O-Triethylphosphorothioate	Pentachlorobenzene
	Método de Análisis	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C
	L.D.M. Promedio	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	6154,75	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	42,55	3086,13	3215,80	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13
	Unidades	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg
	L.H. T.V.	30*			10**																							30*
	L.H. I.V.	30.000*	----	----	10.000**	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	30.000*
	Código Muestra																												
1	RC-S01 (0,8 - 1,0)																												
2	RC-S02 (0,9 - 1,1)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3	RC-S03 (1,4 - 1,6)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4	RC-S04 (1,8 - 2,0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
5	RC-S05 (1,9 - 2,1)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	631	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA COMPUESTOS ORGÁNICOS SEMI VOLÁTILES (SVOCs)

No	Parámetro	1 2 4 5-Tetrachlorobencene	1 4-Naphthoquinone	1-Naphthylamine	2 6-Dichlorophenol	2-Acetylaminofluorene	2-Naphthylamine	2-Picoline	3 3-Dichlorobenzidine	3 3-Dimethylbenzidine	3-Methylchlolanthrene	4-Aminobiphenyl	4-Nitroquinolione-1-oxide	5-Nitro-o-toluidine	7 12-Dimethylbenz(a)anthracene	Acetophenone	Aramite	Chlorobenzilate	Diallate	Dimethoate	Ethyl Methane Sulfonate	Hexachloropropene	Isodrin	Isosafrole	Methapyrilene	Methyl Methane Sulfonate	O O O-Triethylphosphorothioate	Pentachlorobenzene
	Método de Análisis	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C
	L.D.M. Promedio	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	6154,75	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	42,55	3086,13	3215,80	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13
	Unidades	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg
	L.H. T.V.	30*			10**																							30*
	L.H. I.V.	30.000*	----	----	10.000**	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	30.000*
	Código Muestra																											
6	RC-S06 (1,5 - 1,7)																											
7	AAD-1 (2,7 - 2,9)																											
8	AAD-2 (2,4 - 2,9)																											
9	AAD-3 (1,3 - 1,5)																											
10	AAD-4 (0,0 - 0,5)																											
11	AAD-5 (2,3 - 2,5)																											

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA COMPUESTOS ORGÁNICOS SEMI VOLÁTILES (SVOCs)

No	Parámetro	1 2 4 5-Tetrachlorobencene	1 4-Naphthoquinone	1-Naphthylamine	2 6-Dichlorophenol	2-Acetylaminofluorene	2-Naphthylamine	2-Picoline	3 3-Dichlorobenzidine	3 3-Dimethylbenzidine	3-Methylchlolanthrene	4-Aminobiphenyl	4-Nitroquinolione-1-oxide	5-Nitro-o-toluidine	7 12-Dimethylbenz(a)anthracene	Acetophenone	Aramite	Chlorobenzilate	Diallate	Dimethoate	Ethyl Methane Sulfonate	Hexachloropropene	Isodrin	Isosafrole	Methapyrilene	Methyl Methane Sulfonate	O O O-Triethylphosphorothioate	Pentachlorobenzene
	Método de Análisis	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**
	L.D.M. Promedio	**3086,13**	**3086,13**	**3086,13**	**3086,13**	**3086,13**	**3086,13**	**3086,13**	**6154,75**	**3086,13**	**3086,13**	**3086,13**	**3086,13**	**3086,13**	**3086,13**	**3086,13**	**3086,13**	**3086,13**	**3086,13**	**3086,13**	**3086,13**	**3086,13**	**42,55**	**3086,13**	**3215,80**	**3086,13**	**3086,13**	**3086,13**	**3086,13**
	Unidades	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**
	L.H. T.V.	**30***			**10****																							**30***
	L.H. I.V.	**30.000***	----	----	**10.000****	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	**30.000***
	Código Muestra																											
12	AAD-6 (2,6 - 2,8)																											
13	AAD-7 (1,3 - 1,5)																											
14	AAD-8 (2,8 - 3,0)																											
15	AAD-9 (1,5 - 1,7)																											
16	AAD-10 (1,2 - 1,4)																											
17	**AAD-11 (1,1 - 1,5)**																											

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA COMPUESTOS ORGÁNICOS SEMI VOLÁTILES (SVOCs)

No	Parámetro	1 2 4 5-Tetrachlorobencene	1 4-Naphthoquinone	1-Naphthylamine	2 6-Dichlorophenol	2-Acetylaminofluorene	2-Naphthylamine	2-Picoline	3 3-Dichlorobenzidine	3 3-Dimethylbenzidine	3-Methylchlolanthrene	4-Aminobiphenyl	4-Nitroquinolione-1-oxide	5-Nitro-o-toluidine	7 12-Dimethylbenz(a)anthracene	Acetophenone	Aramite	Chlorobenzilate	Diallate	Dimethoate	Ethyl Methane Sulfonate	Hexachloropropene	Isodrin	Isosafrole	Methapyrilene	Methyl Methane Sulfonate	O O O-Triethylphosphorothioate	Pentachlorobenzene
	Método de Análisis	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C
	L.D.M. Promedio	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	6154,75	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	42,55	3086,13	3215,80	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13
	Unidades	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg
	L.H. T.V.	30*			10**																							30*
	L.H. I.V.	30.000*	----	----	10.000**	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	30.000*
	Código Muestra																												
18	FDL-3 (0,0 - 0,5)																												
19	FDL-5 (1,0 - 1,4)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
20	FDL-8 (1,0 - 1,3)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
21	FDL-9 (0,0 - 0,5)																												
22	FDL-10 (0,0 - 0,5)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1950	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		ND	ND	ND	ND
23	**FDL-20 (1,4 - 1,8)**	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		ND	ND	ND	ND

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA COMPUESTOS ORGÁNICOS SEMI VOLÁTILES (SVOCs)

No	Parámetro	1 2 4 5-Tetrachlorobencene	1 4-Naphthoquinone	1-Naphthylamine	2 6-Dichlorophenol	2-Acetylaminofluorene	2-Naphthylamine	2-Picoline	3 3-Dichlorobenzidine	3 3-Dimethylbenzidine	3-Methylchlolanthrene	4-Aminobiphenyl	4-Nitroquinolione-1-oxide	5-Nitro-o-toluidine	7 12-Dimethylbenz(a)anthracene	Acetophenone	Aramite	Chlorobenzilate	Diallate	Dimethoate	Ethyl Methane Sulfonate	Hexachloropropene	Isodrin	Isosafrole	Methapyrilene	Methyl Methane Sulfonate	O O O-Triethylphosphorothioate	Pentachlorobenzene
	Método de Análisis	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C	SW - 846 8270 C
	L.D.M. Promedio	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	6154,75	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	42,55	3086,13	3215,80	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13
	Unidades	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg
	L.H. T.V.	30*			10**																							30*
	L.H. I.V.	30.000*	----	----	10.000**	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	30.000*
	Código Muestra																											
24	FDL-11 (1,3 - 1,5)																											
25	CHA-02 (1,0 - 1,3)																											
26	CHA-03 (1,5 - 1,7)																											
27	API-02 (2,7 - 3,0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
28	API-05 (1,0 - 1,2)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
29	API-06 (2,7 - 3,0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA COMPUESTOS ORGÁNICOS SEMI VOLÁTILES (SVOCs)

No	Parámetro	1 2 4 5-Tetrachlorobencene	1 4-Naphthoquinone	1-Naphthylamine	2 6-Dichlorophenol	2-Acetylaminofluorene	2-Naphthylamine	2-Picoline	3 3-Dichlorobenzidine	3 3-Dimethylbenzidine	3-Methylchlolanthrene	4-Aminobiphenyl	4-Nitroquinolione-1-oxide	5-Nitro-o-toluidine	7 12-Dimethylbenz(a)anthracene	Acetophenone	Aramite	Chlorobenzilate	Diallate	Dimethoate	Ethyl Methane Sulfonate	Hexachloropropene	Isodrin	Isosafrole	Methapyrilene	Methyl Methane Sulfonate	O O O-Triethylphosphorothioate	Pentachlorobenzene
	Método de Análisis	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**	**SW - 846 8270 C**
	L.D.M. Promedio	**3086, 13**	**3086, 13**	**3086, 13**	**3086, 13**	**3086, 13**	**3086, 13**	**3086, 13**	**6154, 75**	**3086, 13**	**3086, 13**	**3086, 13**	**3086, 13**	**3086, 13**	**3086, 13**	**3086, 13**	**3086 ,13**	**3086, 13**	**3086, 13**	**3086, 13**	**3086, 13**	**42,55**	**3086 ,13**	**3215, 80**	**3086 ,13**	**308 6,13**	**3086, 13**	**3086 ,13**
	Unidades	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**	**ug/Kg**
	L.H. T.V.	**30***			**10****																							**30***
	L.H. I.V.	**30.000***	----	----	**10.000****	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	**30.000***
	Código Muestra																											
30	TKE-01 (0,8 - 1,0)																											
31	TKE-01 (1,8 - 2,0)																											
32	TKE-02 (1,4 - 1,6)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
33	**TKE-03 (1,6 - 1,8)**	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

L.D.M. = Límite de Detección del Método (LDM)
L.H. T.V. = Lista Holanda Target Value (concentración natural o meta en proyecto de remediación de suelos contaminados)
L.H. I.V. = Lista Holanda Intervention Value (concentración a partir de la cual se debe implementar un programa de remediación de suelos).
N.D. = Valor menor que el L.D.M. (No Detectado)
NA = No analizado
* Suma de los Clorobencenos (mono a hexa).
** Suma de los Clorofenoles (mono a penta).

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA COMPUESTOS ORGÁNICOS SEMI VOLÁTILES (SVOCs)

No	Parámetro	n-Nitrosomethylethylamine	n-Nitrosomorpholine	n-Nitrosopiperidine	n-Nitrosopyrrolidine	o-Toluidine	p-Dimethylaminoazobenzene	p-Phenylenediomine	Acenaphthene	Acenaphthylene	Anthracene	Benzo(a)anthracene	Benzo(b)fluoranthene	Benzo(k)fluoranthene	Benzo(ghi)perylene	Benzo(a)pyrene	Benzyl Alcohol	Butyl Benzyl Phthalate	bis(2-chloroethoxy)methane	bis(2-Chloroethyl)ether	bis(2-chloroisopropyl)ether	bis(2-ethylhexyl)phthalate	4-Bromophenyl Phenyleether	2-Chloronaphthalene	4-Chlorophenyl Phenyl Ether	Chrysene	Dibenzo(ah)antracene	Dibenzofuran
	Método de Análisis	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C
	L.D.M. Promedio	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13
	Unidades	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg
	L.H. T.V.										1.000*	1.000*		1.000*	1.000*	1.000*											1.000*		
	L.H. I.V.	----	----	----	----	----	----	----	----	----	40.000*	40.000*	~~40,000~~	40.000*	40.000*	40.000*	----	60,000	----	----	-----	60,000	-----	10,000	-----	40.000*	-----	~~30,000~~
	Código Muestra																											
1	RC-S01 (0,8 - 1,0)																											
2	RC-S02 (0,9 - 1,1)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	572	ND	ND	1208	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1262	ND	ND
3	RC-S03 (1,4 - 1,6)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	52	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	38	ND	ND
4	RC-S04 (1,8 - 2,0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	28	ND	ND
5	RC-S05 (1,9 - 2,1)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	85	ND	ND
6	RC-S06 (1,5 - 1,7)																											

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA COMPUESTOS ORGÁNICOS SEMI VOLÁTILES (SVOCs)

No	Parámetro	n-Nitrosomethylethylamine	n-Nitrosomorpholine	n-Nitrosopiperidine	n-Nitrosopyrrolidine	o-Toluidine	p-Dimethylaminoazobenzene	p-Phenylenediomine	Acenaphthene	Acenaphthylene	Anthracene	Benzo(a)anthracene	Benzo(b)fluoranthene	Benzo(k)fluoranthene	Benzo(ghi)perylene	Benzo(a)pyrene	Benzyl Alcohol	Butyl Benzyl Phthalate	bis(2-chloroethoxy)methane	bis(2-Chloroethyl)ether	bis(2-chloroisopropyl)ether	bis(2-ethylhexyl)phthalate	4-Bromophenyl Phenyleether	2-Chloronaphthalene	4-Chlorophenyl Phenyl Ether	Chrysene	Dibenzo(ah)antracene	Dibenzofuran
	Método de Análisis	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C
	L.D.M. Promedio	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13
	Unidades	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg
	L.H. T.V.										1.000*	1.000*		1.000*	1.000*	1.000*											1.000*		
	L.H. I.V.	----	----	----	----	----	----	----	----	----	40.000*	40.000*	~~40,000~~	40.000*	40.000*	40.000*	----	60,000	----	----	-----	60,000	-----	10,000	-----	40.000*	-----	~~30,000~~
	Código Muestra																											
7	AAD-1 (2,7 - 2,9)																											
8	AAD-2 (2,4 - 2,9)																											
9	AAD-3 (1,3 - 1,5)																											
10	AAD-4 (0,0 - 0,5)																											
11	AAD-5 (2,3 - 2,5)																											
12	AAD-6 (2,6 - 2,8)																											
13	AAD-7 (1,3 - 1,5)																											
14	AAD-8 (2,8 - 3,0)																											
15	AAD-9 (1,5 - 1,7)																											

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA COMPUESTOS ORGÁNICOS SEMI VOLÁTILES (SVOCs)

No	Parámetro	n-Nitrosomethylethylamine	n-Nitrosomorpholine	n-Nitrosopiperidine	n-Nitrosopyrrolidine	o-Toluidine	p-Dimethylaminoazobenzene	p-Phenylenediomine	Acenaphthene	Acenaphthylene	Anthracene	Benzo(a)anthracene	Benzo(b)fluoranthene	Benzo(k)fluoranthene	Benzo(ghi)perylene	Benzo(a)pyrene	Benzyl Alcohol	Butyl Benzyl Phthalate	bis(2-chloroethoxy)methane	bis(2-Chloroethyl)ether	bis(2-chloroisopropyl)ether	bis(2-ethylhexyl)phthalate	4-Bromophenyl Phenyleether	2-Chloronaphthalene	4-Chlorophenyl Phenyl Ether	Chrysene	Dibenzo(ah)antracene	Dibenzofuran
	Método de Análisis	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C
	L.D.M. Promedio	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13
	Unidades	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg
	L.H. T.V.										1.000*	1.000*		1.000*	1.000*	1.000*											1.000*		
	L.H. I.V.	----	----	----	----	----	----	----	----	----	40.000*	40.000*	~~40,000~~	40.000*	40.000*	40.000*	----	60,000	----	----	-----	60,000	-----	10,000	-----	40.000*	-----	~~30,000~~
	Código Muestra																											
16	AAD-10 (1,2 - 1,4)																											
17	**AAD-11 (1,1 - 1,5)**																											
18	FDL-3 (0,0 - 0,5)																											
19	FDL-5 (1,0 - 1,4)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2992	ND	ND
20	FDL-8 (1,0 - 1,3)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
21	FDL-9 (0,0 - 0,5)																											
22	FDL-10 (0,0 - 0,5)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5331	1913	ND	2059	4268	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		ND	9683	861	ND
23	**FDL-20 (1,4 - 1,8)**	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	8334	ND	ND	ND	6623	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		ND	15880	ND	ND

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA COMPUESTOS ORGÁNICOS SEMI VOLÁTILES (SVOCs)

No	Parámetro	n-Nitrosomethylethylamine	n-Nitrosomorpholine	n-Nitrosopiperidine	n-Nitrosopyrrolidine	o-Toluidine	p-Dimethylaminoazobenzene	p-Phenylenediomine	Acenaphthene	Acenaphthylene	Anthracene	Benzo(a)anthracene	Benzo(b)fluoranthene	Benzo(k)fluoranthene	Benzo(ghi)perylene	Benzo(a)pyrene	Benzyl Alcohol	Butyl Benzyl Phthalate	bis(2-chloroethoxy)methane	bis(2-Chloroethyl)ether	bis(2-chloroisopropyl)ether	bis(2-ethylhexyl)phthalate	4-Bromophenyl Phenyleether	2-Chloronaphthalene	4-Chlorophenyl Phenyl Ether	Chrysene	Dibenzo(ah)antracene	Dibenzofuran
	Método de Análisis	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C
	L.D.M. Promedio	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13
	Unidades	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg
	L.H. T.V.										1.000*	1.000*		1.000*	1.000*	1.000*											1.000*		
	L.H. I.V.	----	----	----	----	----	----	----	----	----	40.000*	40.000*	~~40,000~~	40.000*	40.000*	40.000*	----	60,000	----	----	-----	60,000	-----	10,000	-----	40.000*	-----	~~30,000~~
	Código Muestra																											
24	FDL-11 (1,3 - 1,5)																											
25	CHA-02 (1,0 - 1,3)																											
26	CHA-03 (1,5 - 1,7)																											
27	API-02 (2,7 - 3,0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
28	API-05 (1,0 - 1,2)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
29	API-06 (2,7 - 3,0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
30	TKE-01 (0,8 - 1,0)																											
31	TKE-01 (1,8 - 2,0)																											

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA COMPUESTOS ORGÁNICOS SEMI VOLÁTILES (SVOCs)

No	Parámetro	n-Nitrosomethylethylamine	n-Nitrosomorpholine	n-Nitrosopiperidine	n-Nitrosopyrrolidine	o-Toluidine	p-Dimethylaminoazobenzene	p-Phenylenediomine	Acenaphthene	Acenaphthylene	Anthracene	Benzo(a)anthracene	Benzo(b)fluoranthene	Benzo(k)fluoranthene	Benzo(ghi)perylene	Benzo(a)pyrene	Benzyl Alcohol	Butyl Benzyl Phthalate	bis(2-chloroethoxy)methane	bis(2-Chloroethyl)ether	bis(2-chloroisopropyl)ether	bis(2-ethylhexyl)phthalate	4-Bromophenyl Phenyleether	2-Chloronaphthalene	4-Chlorophenyl Phenyl Ether	Chrysene	Dibenzo(ah)antracene	Dibenzofuran
	Método de Análisis	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C
	L.D.M. Promedio	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13
	Unidades	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg
	L.H. T.V.										1.000*	1.000*		1.000*	1.000*	1.000*											1.000*		
	L.H. I.V.	----	----	----	----	----	----	----	----	----	40.000*	40.000*	~~40,000~~	40.000*	40.000*	40.000*	----	60,000	----	----	-----	60,000	-----	10,000	-----	40.000*	-----	~~30,000~~
	Código Muestra																											
32	TKE-02 (1,4 - 1,6)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
33	**TKE-03 (1,6 - 1,8)**	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

L.H. T.V. = Lista Holanda Target Value (concentración natural o meta en proyecto de remediación de suelos contaminados)

L.H. I.V. = Lista Holanda Intervention Value (concentración a partir de la cual se debe implementar un programa de remediación de suelos).

N.D. = Valor menor que el L.D.M. (No Detectado)

NA = No analizado

* Suma de naftaleno, antraceno, fenantreno, fluoranteno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(a)pireno, benzo(ghi)perileno, benzo(k)fluoranteno, indeno(1,2,3-cd)pireno.

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA COMPUESTOS ORGÁNICOS SEMI VOLÁTILES (SVOCs)

No	Parámetro	Fluorene	Hexachlorobenzene	Hexachlorobutadiene	Hexachlorocyclopentadiene	Hexachloroethane	Indeno(1 2 3-cd)pyrene	Isophorone	2-Methylnaphthalene	Naphthalene	Nitrobenzene	n-Nitrosodi-n-propylamine	n-Nitrosodiphenylamine	Phenanthrene	Pyrene	1 2 4-Trichlorobenzene	4-Chloro-3-methylphenol	2-Chlorophenol	2 4-Dichlorophenol	2 4-Dimethylphenol	2 4-Dinitrophenol	2 Methyl-4 6-dinitrophenol	2-Methylphenol(o-cresol)	4-Methylphenol(p-cresol)	2-Nitrophenol	4-Nitrophenol	Pentachlorophenol	Phenol
	Método de Análisis	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C
	L.D.M. Promedio	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3098,50	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	6154,75	3086,13	3086,13	3086,13	6154,75	6154,75	3086,13	3086,13	6154,75	6154,75	6154,75	3086,13
	Unidades	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg
	L.H. T.V.		30[a]				1.000[c]							1.000[c]		30[a]	0	10[d]	10[d]										50
	L.H. I.V.	----	30.000	----	----	12.000[b]	40.000[c]	----	----	----	----	----	----	40.000[c]	----	30.000[a]	15,000	10.000[d]	10.000[d]	----	----	----	-----	----	-----	-----	10,000	40,000
	Código Muestra																												
1	RC-S01 (0,8 - 1,0)																												
2	RC-S02 (0,9 - 1,1)	700	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1950	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3	RC-S03 (1,4 - 1,6)	304	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2315	484	ND	ND	ND	560	59	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4	RC-S04 (1,8 - 2,0)	261	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1441	415	ND	ND	ND	389	53	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
5	RC-S05 (1,9 - 2,1)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	78	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
6	RC-S06 (1,5 - 1,7)																												
7	AAD-1 (2,7 - 2,9)																												
8	AAD-2 (2,4 - 2,9)																												
9	AAD-3 (1,3 - 1,5)																												
10	AAD-4 (0,0 - 0,5)																												
11	AAD-5 (2,3 - 2,5)																												
12	AAD-6 (2,6 - 2,8)																												

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA COMPUESTOS ORGÁNICOS SEMI VOLÁTILES (SVOCs)

No	Parámetro	Fluorene	Hexachlorobenzene	Hexachlorobutadiene	Hexachlorocyclopentadiene	Hexachloroethane	Indeno(1 2 3-cd)pyrene	Isophorone	2-Methylnaphthalene	Naphthalene	Nitrobenzene	n-Nitrosodi-n-propylamine	n-Nitrosodiphenylamine	Phenanthrene	Pyrene	1 2 4-Trichlorobenzene	4-Chloro-3-methylphenol	2-Chlorophenol	2 4-Dichlorophenol	2 4-Dimethylphenol	2 4-Dinitrophenol	2 Methyl-4 6-dinitrophenol	2-Methylphenol(o-cresol)	4-MethylIphenol(p-cresol)	2-Nitrophenol	4-Nitrophenol	Pentachlorophenol	Phenol
	Método de Análisis	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C	SW - 8468270C
	L.D.M. Promedio	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3098,50	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	6154,75	3086,13	3086,13	3086,13	6154,75	6154,75	3086,13	3086,13	3086,13	6154,75	6154,75	3086,13
	Unidades	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg
	L.H. T.V.		30[a]				1.000[c]							1.000[c]		30[a]	0	10[d]	10[d]										50
	L.H. I.V.	----	30.000	----	----	12.000[b]	40.000[c]	----	----	----	----	----	----	40.000[c]	----	30.000[a]	15,000	10.000[d]	10.000[d]	----	----	----	-----	----	-----	-----	10,000	40,000
	Código Muestra																											
13	AAD-7 (1,3 - 1,5)																											
14	AAD-8 (2,8 - 3,0)																											
15	AAD-9 (1,5 - 1,7)																											
16	AAD-10 (1,2 - 1,4)																											
17	**AAD-11 (1,1 - 1,5)**																											
18	FDL-3 (0,0 - 0,5)																											
19	FDL-5 (1,0 - 1,4)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5752	4364	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
20	FDL-8 (1,0 - 1,3)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	49000	ND	ND	ND	ND	39560	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
21	FDL-9 (0,0 - 0,5)																											
22	FDL-10 (0,0 - 0,5)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1259	ND	ND	ND	ND	3545	10560	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		ND	ND	ND	ND
23	**FDL-20 (1,4 - 1,8)**	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5370	15850	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		ND	ND	ND	ND
24	FDL-11 (1,3 - 1,5)																											
25	CHA-02 (1,0 - 1,3)																											
26	CHA-03 (1,5 - 1,7)																											

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA COMPUESTOS ORGÁNICOS SEMI VOLÁTILES (SVOCs)

No	Parámetro	Fluorene	Hexachlorobenzene	Hexachlorobutadiene	Hexachlorocyclopentadiene	Hexachloroethane	Indeno(1 2 3-cd)pyrene	Isophorone	2-Methylnaphthalene	Naphthalene	Nitrobenzene	n-Nitrosodi-n-propylamine	n-Nitrosodiphenylamine	Phenanthrene	Pyrene	1 2 4-Trichlorobenzene	4-Chloro-3-methylphenol	2-Chlorophenol	2 4-Dichlorophenol	2 4-Dimethylphenol	2 4-Dinitrophenol	2 Methyl-4 6-dinitrophenol	2-Methylphenol(o-cresol)	4-MethylIphenol(p-cresol)	2-Nitrophenol	4-Nitrophenol	Pentachlorophenol	Phenol
	Método de Análisis	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C	SW-8468270C
	L.D.M. Promedio	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3098,50	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	3086,13	6154,75	3086,13	3086,13	3086,13	6154,75	6154,75	3086,13	3086,13	3086,13	6154,75	6154,75	3086,13
	Unidades	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg	ug/Kg
	L.H. T.V.		30[a]				1.000[c]							1.000[c]		30[a]	0	10[d]	10[d]										50
	L.H. I.V.	----	30.000	----	----	12.000[b]	40.000[c]	----	----	----	----	----	----	40.000[c]	----	30.000[a]	15,000	10.000[d]	10.000[d]	----	----	----	-----	----	-----	-----	10,000	40,000
	Código Muestra																											
27	API-02 (2,7 - 3,0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4436	ND	ND	ND	ND	7190	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
28	API-05 (1,0 - 1,2)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	8950	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
29	API-06 (2,7 - 3,0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
30	TKE-01 (0,8 - 1,0)																												
31	TKE-01 (1,8 - 2,0)																												
32	TKE-02 (1,4 - 1,6)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
33	**TKE-03 (1,6 - 1,8)**	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

L.D.M. = Límite de Detección del Método (LDM)

L.P.N.H. = Límite Permisible de Norma Holandesa

N.D. = Valor menor que el L.D.M. (No Detectado)

NA = No analizado

a Suma de los Clorobencenos (mono a hexa).

b Ad-hoc Human toxicological Serious Soil Contamination Concentration

c Suma de naftaleno, antraceno, fenantreno, fluoranteno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(a)pireno, benzo(ghi)perileno, benzo(k)fluoranteno, indeno(1,2,3-cd)pireno.

d Suma de los Clorofenoles (mono a penta)

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA METALES PRIORITARIOS CONTAMINANTES (MPC)

No	Parámetro	Mercury (Hg)	Antimony (Sb)	Arsenic (As)	Berylliu m (Be)	Cadmium (Cd)	Chromium (Cr)	Copper (Cu)	Lead (Pb)	Nickel (Ni)	Selenium (Se)	Silver (Ag)	Thallium (Tl)	Zinc (Zn)
	Método de Análisis	**SW-846 7471A**	**SW-846 6010B**	**SW-846 6010B**	**SW-846 6010B**	**SW-846 6010B**	**SW-846 6010B**	**SW-846 6010B**	**SW-846 6010B**	**SW-846 6010B**	**SW-846 6010B**	**SW-846 6010B**	**SW-846 6010B**	**SW-846 6010B**
	L.D.M. Promedio	**0.0479**	**2.4461**	**0.9786**	**0.2417**	**0.2417**	**0.4900**	**0.4900**	**0.4900**	**0.9786**	**1.9561**	**0.4900**	**1.4700**	**1.4700**
	Unidades	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**
	L.H. T.V.	**0.3**	**3**	**29**	**1.1**	**0.8**	**100**	**36**	**85**	**35**	**0.7**	**0**	**1**	**140**
	L.H. I.V.	**10**	**15**	**55**	**30**	**12**	**380**	**190**	**530**	**210**	**100**	**15**	**15**	**720**
	Código Muestra													
1	RC-S01 (0,8 - 1,0)	ND	ND	5.42	0.356	ND	16.4	31.2	6.48	25.6	ND	ND	2.66	54.7
2	RC-S02 (0,9 - 1,1)	ND	ND	3.34	ND	ND	11.4	20.1	4.04	17	ND	ND	1.5	40.6
3	RC-S03 (1,4 - 1,6)	ND	ND	4.82	0.353	ND	19.3	35.2	4.94	22.2	ND	ND	2.5	65.2
4	RC-S04 (1,8 - 2,0)	ND	ND	4.21	0.305	ND	16.5	32	6.27	20.4	ND	ND	2.34	59.1
5	RC-S05 (1,9 - 2,1)	ND	ND	5	0.376	ND	19.7	32.4	5.08	21.1	ND	ND	1.96	57.2
6	RC-S06 (1,5 - 1,7)	ND	ND	4.26	0.371	ND	18	27.7	7.14	17.6	ND	ND	2.13	58.8
7	AAD-1 (2,7 - 2,9)													
8	AAD-2 (2,4 - 2,9)													
9	AAD-3 (1,3 - 1,5)													
10	AAD-4 (0,0 - 0,5)													
11	AAD-5 (2,3 - 2,5)													
12	AAD-6 (2,6 - 2,8)													
13	AAD-7 (1,3 - 1,5)	ND	ND	4.02	0.364	ND	19.7	35.9	5.14	23.5	ND	ND	2.53	63.2
14	AAD-8 (2,8 - 3,0)													
15	AAD-9 (1,5 - 1,7)													
16	AAD-10 (1,2 - 1,4)	ND	ND	5.08	0.348	ND	18	30.7	9.05	20.3	ND	ND	1.86	53.1
17	**AAD-11 (1,1 - 1,5)**	ND	ND	5.28	0.321	ND	15.3	29.5	14.9	23.8	ND	ND	ND	58.7

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA METALES PRIORITARIOS CONTAMINANTES (MPC)

No	Parámetro	Mercury (Hg)	Antimony (Sb)	Arsenic (As)	Berylliu m (Be)	Cadmium (Cd)	Chromium (Cr)	Copper (Cu)	Lead (Pb)	Nickel (Ni)	Seleniu m (Se)	Silver (Ag)	Thallium (Tl)	Zinc (Zn)
	Método de Análisis	**SW-846 7471A**	**SW-846 6010B**	**SW-846 6010B**	**SW-846 6010B**	**SW-846 6010B**	**SW-846 6010B**	**SW-846 6010B**	**SW-846 6010 B**	**SW-846 6010 B**	**SW-846 6010B**	**SW-846 6010 B**	**SW-846 6010B**	**SW-846 6010 B**
	L.D.M. Promedio	**0.0479**	**2.4461**	**0.9786**	**0.2417**	**0.2417**	**0.4900**	**0.4900**	**0.4900**	**0.9786**	**1.9561**	**0.4900**	**1.4700**	**1.4700**
	Unidades	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**	**mg/Kg**
	L.H. T.V.	**0.3**	**3**	**29**	**1.1**	**0.8**	**100**	**36**	**85**	**35**	**0.7**	**0**	**1**	**140**
	L.H. I.V.	**10**	**15**	**55**	**30**	**12**	**380**	**190**	**530**	**210**	**100**	**15**	**15**	**720**
	Código Muestra													
18	FDL-3 (0,0 - 0,5)													
19	FDL-5 (1,0 - 1,4)	0.143	ND	9.53	ND	ND	18.3	107	12.5	15.2	ND	ND	ND	109
20	FDL-8 (1,0 - 1,3)	0.0896	ND	6.65	0.354	ND	18.9	44.3	14.2	25.4	ND	ND	ND	107
21	FDL-9 (0,0 - 0,5)													
22	FDL-10 (0,0 - 0,5)	0.0779	ND	10.1	0.249	ND	10.1	30.5	9.6	15.8	ND	ND	ND	60
23	**FDL-20 (1,4 - 1,8)**	0.136	ND	9.56	0.271	ND	11.1	31.1	8.27	15.7	ND	ND	ND	58.7
24	FDL-11 (1,3 - 1,5)													
25	CHA-02 (1,0 - 1,3)													
26	CHA-03 (1,5 - 1,7)	ND	ND	2.78	0.329	ND	11.6	23.8	5.49	13.5	ND	ND	ND	41.6
27	API-02 (2,7 - 3,0)	0.0856	ND	4.77	ND	ND	17.2	39.5	6.51	14.6	ND	ND	ND	67.3
28	API-05 (1,0 - 1,2)	0.137	ND	4.73	0.267	ND	26.3	64	13.5	17.7	ND	ND	ND	100
29	API-06 (2,7 - 3,0)	0.0921	ND	4.22	ND	ND	22.6	53.6	9.83	16.6	ND	ND	ND	70.3
30	TKE-01 (0,8 - 1,0)	ND	ND	11.9	0.304	ND	25.4	51.4	2.33	13.8	ND	ND	2.49	44.9
31	TKE-01 (1,8 - 2,0)													
32	TKE-02 (1,4 - 1,6)													
33	**TKE-03 (1,6 - 1,8)**													

L.D.M. = Límite de Detección del Método (LDM)
L.P.N.H. = Límite Permisible de Norma Holandesa
N.D. = Valor menor que el L.D.M. (No Detectado)

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO Y ENTIERROS POTENCIALES CON LÍMITES PERMISIBLES NORMA HOLANDESA METALES PRIORITARIOS CONTAMINANTES (MPC)

No	Parámetro	Mercury (Hg)	Antimony (Sb)	Arsenic (As)	Berylliu m (Be)	Cadmium (Cd)	Chromium (Cr)	Copper (Cu)	Lead (Pb)	Nickel (Ni)	Seleniu m (Se)	Silver (Ag)	Thallium (Tl)	Zinc (Zn)
	Método de Análisis	SW-846 7471A	SW-846 6010B	SW-846 6010B	SW-846 6010B	SW-846 6010B	SW-846 6010B	SW-846 6010B	SW-846 6010 B	SW-846 6010 B	SW-846 6010B	SW-846 6010 B	SW-846 6010B	SW-846 6010 B
	L.D.M. Promedio	0.0479	2.4461	0.9786	0.2417	0.2417	0.4900	0.4900	0.4900	0.9786	1.9561	0.4900	1.4700	1.4700
	Unidades	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
	L.H. T.V.	0.3	3	29	1.1	0.8	100	36	85	35	0.7	0	1	140
	L.H. I.V.	10	15	55	30	12	380	190	530	210	100	15	15	720
	Código Muestra													

NA = No analizado

ANEXO 3-3 Registro diario de las principales variables meteorológicas para el periodo de calidad del aire.

ANEXO 3-4 Resultados de análisis de los parámetros de calidad del aire.

ANEXO 3-5 Resumen de los principales datos meteorológicos durante los días de monitoreo de ruido ambiental.

ANEXO 3-6 Certificados de calibración de los equipos de medición de ruido.

ANEXO 3-7 Documentación y registro del cumplimiento de las obligaciones de la Licencia Ambiental vigente.

ANEXO 3-4 Material de registro y actas respectivas de la socialización del proyecto.

ANEXO 3-8 Material de registro y actas respectivas de la socialización del proyecto.

ANEXO 3-9 Licencia de Estudio Arqueológico No 915.

INSTITUTO COLOMBIANO DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA
LICENCIA DE ESTUDIO ARQUEOLÓGICO

No. de Licencia
915 ICANH-130-2007

ELSUSCRITO DIRECTOR GENERAL DEL INSTITUTO COLOMBIANO DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA
En cumplimiento de lo establecido en el Artículo 11 de la Ley 163 de 1959, el Artículo 9 del Decreto reglamentario 264 de 1963 y la Ley 397 del 7 de Agosto de 1997, y considerando que el interesado cumple con los requisitos exigidos por la Ley

AUTORIZA

A: **Judith Hernández Bacca** Cédula: **51999855**

Quien se desempeñará como Director del Proyecto de Arqueología titulado:

Reconocimiento arqueológico en la refinería de Cartagena (Lotes 1,34 y 52), Bolivar.

Para realizar los estudios pertinentes dentro de las zonas abajo descritas durante el período comprendido entre los días:

Fecha Inicio: **11 de Abril de 2008** Fecha Finalización: **30 de Junio de 2008**

El INSTITUTO COLOMBIANO DE ANTROPOLOGIA E HISTORIA agradece a todas las autoridades competentes, el prestar a los investigadores debidamente autorizados la colaboración que soliciten para el buen desarrollo de los estudios científicos.

Lista de otras personas autorizadas como parte del equipo de trabajo en la excavación:

Nombre: Cédula:
Nombre: Cédula:
Nombre: Cédula:

Zonas autorizadas para realizar excavaciones arqueológicas:

Depto: **Bolivar** Municipio: **Mamonal, municipio de Cartagena** Vereda/tramo:

Depto: Municipio: Vereda/tramo:

Dada en Bogotá, D. C., **11 de Abril de 2008**

DIEGO HERRERA GOMEZ
Director General

ICANH – Grupo Arqueología y Patrimonio / Dirección: Calle 12 No. 2- 41, Bogotá, D. C.
Teléfono: 5619896 / 5619600 / 5619700 / Fax: Ext. 144 y101 / Internet: http://www.icanh.gov.co

ANEXO 3-10 Inventario arqueológico.

ANEXO DE PLANOS

Plano 2-1 Ubicación del proyecto georreferenciado.

Plano 2-2 Plot plan

Plano 2-3 Identificación de áreas de estudio para las diferentes cimentaciones de la obra

Plano 3-1 Geología del área de influencia del proyecto

Plano 3-2 Geomorfolgía del área de influencia del proyecto

Plano 3-3 Uso del suelo según el POT de Cartagena

Plano 3-4 Ubicación de los puntos de monitoreo de suelo y sus resusltados.

Plano 3-5 Hidrología.

Plano 3-6 Puntos de lectura piezométrica y sus resultados.

Plano 3-7 Ubicación probable de la pluma de producto libre para futuro seguimiento.

Plano 3-8 Hidrogeología general del área de influencia del proyecto.

Plano 3-9 Topografía del de influencia del proyecto.

Plano 3-10 Cobertura vegetal del área de influencia del proyecto