

I. PRESENTACION

El estudio "Plan Maestro y Estudios de Factibilidad para el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá" forma parte del proyecto PAN/97/003 "Cooperación Técnica de Apoyo al Programa Sectorial de Reforma de los Sectores de Infraestructura Básica" Financiado con recursos del préstamo 1029/OC_PN suscrito entre el Gobierno de la República de Panamá y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

A solicitud del Gobierno de Panamá, se designó a la Representación Residente del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) para la contratación de los Servicios de Consultoría, con el Consorcio Encibra S.A. / Stanley Consultants, Inc. / Omniconsult, S.A. / CEP International, Inc. (CESOC), mediante Contrato N° F.98-042-A.

El Informe Final está estructurado de la manera que se señala en la Organización presentada en la próxima página. Este Volumen IV comprende el Estudio de Impacto Ambiental de la solución propuesta.

II. ORGANIZACIÓN

El Informe Final del Plan Maestro del Sistema de Alcantarillado Sanitario y Estudios de factibilidad para el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá, cuya entrega en este Informe Final fue organizada en cinco grandes Volúmenes, conforme se detalla a continuación:

- Volumen I Datos Básicos del Estudio
- Volumen II
 - Tomo I Estudio de Alternativas de Solución
 - Tomo II Análisis Ambiental de las Alternativas
 - Tomo III Análisis Socioeconómico de Alternativas
- Volumen III Solución Propuesta – Primera y Segunda Etapas
 - Tomo I Texto
 - Tomo II Análisis Institucional Financiero
 - Tomo III Planos de Anteproyectos – 1ª Etapa
 - Tomo IV Planos de Anteproyectos – 1ª Etapa
- **Volumen IV Estudio de Impacto Ambiental**
- Volumen V Términos de Referencia para Contratación de los Diseños

Contando también con los siguientes anexos:

- Anexo I Estudios de Población
- Anexo II Diagnóstico del Sistema Existente
- Anexo III Geología
- Anexo IV Oceanografía
- Anexo V Residuos Sólidos
- Anexo VI Regulaciones
- Anexo VII Contaminación Provenientes de Embarcaciones
- Anexo VIII Sistema de Información Geográfica
- Anexo IX Re-Uso de Efluentes
- Anexo X Control de Contaminación de los Ríos en la Cuenca
- Anexo XI Modelos Matemáticos
- Anexo XII Tablas de Pre-Dimensionamiento de las Obras de la Primera Etapa

Además, se incluye un Resumen Ejecutivo Integrado de todas las actividades realizadas en el Estudio, para su rápida lectura y comprensión por las autoridades de Gobierno de Panamá y del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

III. INDICE

I. PRESENTACIÓN

II. ORGANIZACIÓN

III. ÍNDICE

IV. GLOSARIO

1	RESUMEN	1-1
1.1	Descripción del proyecto	1-1
1.2	Síntesis de los antecedentes del área de influencia del proyecto	1-1
1.3	Problemas ambientales críticos generados por el proyecto	1-2
1.4	Impactos positivos y negativos generados por el proyecto.....	1-3
1.5	Justificación para la selección de Categoría III.....	1-4
1.6	Medidas de mitigación, seguimiento, vigilancia y control.....	1-5
1.7	Plan de participación pública	1-16
2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y SUS ALTERNATIVAS	2-1
2.1	Antecedentes generales del proyecto.....	2-1
2.2	Descripción del sistema de alcantarillado sanitario existente	2-2
2.3	Objetivos del estudio	2-4
2.4	Localización geográfica del área de estudio	2-4
2.5	Justificación de la localización del proyecto.....	2-6
2.6	Obras que componen el proyecto	2-6
2.7	Descripción de las alternativas	2-6
2.8	Vida útil y descripción de las etapas del proyecto	2-62
2.9	Tipos de insumos y desechos	2-63
2.10	Monto estimado de la inversión	2-64
2.11	Aspectos legales y administrativos de carácter ambiental para el proyecto en relación con el cumplimiento de normas.....	2-64
3	CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	3-1
3.1	Metodología para el análisis de las condiciones del área de influencia del proyecto	3-1

3.2	Condiciones ambientales del área de estudio	3-11
4	IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y JERARQUIZACIÓN DE LOS IMPACTOS.....	4-1
4.1	Metodología para el análisis de los impactos ambientales	4-1
4.2	Descripción de los impactos ambientales	4-10
4.3	Impactos ambientales de las alternativas – ambiente marino.....	4-45
4.4	Matrices de Impactos Ambientales	4-51
5	DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y EL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	5-1
5.1	Medidas de mitigación para los componentes del ambiente terrestre	5-1
5.2	Medidas de mitigación para los componentes del ambiente marino.....	5-10
5.3	Costos y beneficios ambientales asociados con la calidad de las aguas costeras.....	5-31
6	PARTICIPACIÓN CIUDADANA.....	6-1
6.1	Mecanismos utilizados para la participación ciudadana	6-1
6.2	Formato de la encuesta aplicada, tamaño y distribución de la muestra	6-1
6.3	Resultados de las encuestas	6-6
6.4	Foros realizados.....	6-32
6.5	Identificación del Equipo de Profesionales y Funciones	6-37

IV. GLOSARIO

ANAM:	Autoridad Nacional de Ambiente
AMP:	Autoridad Marítima Panameña
ARI:	Autoridad de la Región Interoceánica
BID:	Banco Interamericano para el Desarrollo
CEP:	CEP International, Inc.
CESOC:	Consortio Encibra, Stanley, Omniconsult, CEP
Delft :	Delft Hydraulics, Inc.
DIMA :	Dirección Municipal de Aseo Urbano
Encibra :	Encibra S.A. Estudios e Proyectos de Engenharia
Ente Regulador :	Ente Regulador de Servicios Públicos
IDAAN :	Instituto de Aguas y Alcantarillado Nacional
IGNTG :	Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia
MEF :	Ministerio de Economía y Finanzas
MINSA :	Ministerio de Salud
MIVI :	Ministerio de Viviendas
MOP :	Ministerio de Obras Publicas
Omniconsult :	Omniconsult S.A.
PNUD :	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
RAFA :	Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente
SIG :	Sistema de Información Geográfica
Stanley :	Stanley Consultants, Inc.
TDR :	Términos de Referencia
TIRE	Tasa Interna de Retorno
VABNE :	Valor Actual de Beneficios Netos en Términos de Eficiencia Económica

1 RESUMEN

1.1 Descripción del proyecto

El estudio “Plan Maestro y Estudios de Factibilidad para el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá” forma parte del proyecto PAN/97/003 “Cooperación Técnica de Apoyo al Programa Sectorial de Reforma de los Sectores de Infraestructura Básica” Financiado con recursos del préstamo 1029/OC_PN suscrito entre el Gobierno de la República de Panamá y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

A solicitud del Gobierno de Panamá se designó a la Representación Residente del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) para la contratación de los Servicios de Consultoría con el Consorcio Encibra S.A. / Stanley Consultants, Inc. / Omniconsult, S.A. / CEP International, Inc. (CESOC) para la realización del estudio.

El proyecto del Plan Maestro y Estudio de Factibilidad para el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá comprende las siguientes obras:

- a. Red de alcantarillado: Se determinan las extensiones de la red de alcantarillado necesarias, en el período 2,000-2,020 para atender el área de estudio.
- b. Tuberías colectoras: se realiza el predimensionamiento de las tuberías colectoras, las cuales siguen el curso de los ríos, para obtener un flujo gravitacional hacia los sitios de tratamiento. Se incluyen las estaciones de bombeo y líneas de impulsión.
- c. Plantas de tratamiento de aguas residuales: Se determina el tipo de tratamiento requerido para cumplir con las normas vigentes en Panamá y la ubicación de los sistemas de tratamiento. El tratamiento de las aguas residuales incluye todos los caudales de tipo doméstico, comercial e industrial y de infiltración.
- d. Emisario Submarino de 7 km de extensión para la disposición de las aguas residuales del Área Central o Área 3, después de un tratamiento preliminar o acondicionamiento de las aguas.

1.2 Síntesis de los antecedentes del área de influencia del proyecto

El problema de la inadecuada disposición de las aguas residuales en la ciudad de Panamá no es nuevo. Desde que se concibió el sistema de alcantarillado para el Casco Viejo no se previeron obras de tratamiento de las aguas residuales por lo que las mismas eran descargadas crudas a la bahía de Panamá, situación que persiste en la actualidad. Con el pasar de los años y debido al crecimiento de la ciudad, es evidente que los problemas de contaminación de la bahía de Panamá y de los ríos que atraviesan la ciudad de Panamá y desembocan en la misma se han agravado hasta tal punto que requieren de una solución urgente.

Desde la década de 1950 ha sido motivo de preocupación este problema y se han desarrollado varios estudios con el fin de dar solución al mismo. Podemos mencionar, entre otros, el Plan Maestro para el Sistema de Alcantarillado de la Región Metropolitana de la Ciudad de Panamá, desarrollado en 1959, el cual presentaba alternativas de solución para el

alcantarillado y el tratamiento de las aguas residuales. Posteriormente, en 1977 se realizó otra consultoría tendiente a presentar soluciones al problema. Existen otros estudios enfocados al saneamiento de las cuencas de los ríos que desembocan en la bahía de Panamá, los cuales han sido llevados a ejecución en forma parcial. Sin embargo, el problema de contaminación de la bahía y de los ríos de la ciudad de Panamá aún persiste, representando altos riesgos a la salud de la población.

Por tal motivo, se presenta el Plan Maestro y Estudio de Factibilidad para el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá, que incluye la instalación de colectoras sanitarias, estaciones de bombeo y sistemas de tratamiento de aguas residuales en la zona urbana y suburbana, que incluye los 15 corregimientos del distrito de Panamá, uno de Arraiján y el distrito de San Miguelito.

En este Plan Maestro se analizan diversas alternativas para la ubicación de las colectoras sanitarias y sistemas de tratamiento en el área de estudio, concluyendo con la selección de la solución de mayor viabilidad técnica y económica, tomando en consideración los impactos ambientales de cada una.

1.3 Problemas ambientales críticos generados por el proyecto

Dada la naturaleza del proyecto planteado, el cual tiene como objetivo fundamental el saneamiento de la ciudad y Bahía de Panamá a través de la recolección y tratamiento de las aguas residuales que son la principal fuente de contaminación de las fuentes de agua de la ciudad, los impactos ambientales más significativos son positivos. Estos impactos positivos resultantes de la implementación del proyecto, los cuales son de gran magnitud y de largo plazo comparados con los impactos de construcción, deben hacerse evidentes durante su operación con el mejoramiento de las condiciones ambientales de la bahía de Panamá y de los 9 ríos que desembocan en la misma y que pertenecen al área de estudio. Impactos positivos indirectos incluyen el mejoramiento de la calidad de vida de la población, disminución de la tasa de incidencia de las enfermedades de transmisión hidroalimentaria, aumento de las oportunidades de recreación y del goce de un ambiente sano, mejoramiento del turismo, lo que debe redundar en un mejoramiento de la economía local.

Es evidente que un proyecto que requiere obras de la envergadura del considerado aquí, a pesar de los impactos positivos que conlleva, generará impactos negativos sobre todo durante la etapa de construcción de la infraestructura necesaria. Sin embargo si se compara la duración de la etapa de construcción con la etapa de operación, la magnitud de los impactos negativos durante la construcción es pequeña comparada con los impactos durante la operación. Durante la etapa de operación se podrían producir impactos negativos si este proyecto no es llevado en la forma prevista. De hecho, las obras de tratamiento no operarán correctamente si no son operadas y mantenidas en forma adecuada. En este sentido se requiere el fortalecimiento de la capacidad de las instituciones involucradas directamente en la operación y mantenimiento de sistema, lo que incluye, además del fortalecimiento administrativo y financiero para llevar a cabo las inversiones, el entrenamiento y capacitación del personal técnico que pueda responder en forma adecuada a las tareas de operación y mantenimiento.

Otro de los potenciales problemas es la disposición de los efluentes industriales, ya que éstos, dependiendo de los procesos industriales, pueden contener sustancias tóxicas. Se debe asegurar su tratamiento antes de ser descargadas al sistema de alcantarillado sanitario,

que las conducirá al tratamiento previsto conjuntamente con las aguas residuales domésticas. Ya que los sistemas de tratamiento de aguas residuales considerados son de tipo biológico, es esencial que se garantice que los efluentes de aguas residuales industriales no provocarán la fallas de los sistemas de tratamiento biológico. El Ministerio de Salud tiene responsabilidad en este sentido, con la implementación de las normas de aguas residuales, de reciente aprobación.

Finalmente, los beneficios ambientales y por ende, la prevención de los impactos negativos depende del tipo de sistemas de tratamiento de aguas residuales propuestos, en términos de la calidad del efluente que será recibido por los cuerpos de agua naturales. En este sentido, se han tomado en cuenta las normas de aguas residuales, que indican los valores máximos permisibles de los parámetros físico-químicos y biológicos, con el fin de evitar los impactos negativos en los cuerpos receptores. Los sistemas de tratamiento propuestos son secundarios o biológicos, para los cuales la consultoría ambiental recomendó la inclusión de la desinfección del efluente con el fin de disminuir la carga de microorganismos patógenos y proteger la salud de la población.

En el caso del área 3, pese a que desde el punto de vista ambiental es preferible contar con un sistema de tratamiento secundario que garantice la calidad del efluente de acuerdo a las normas de aguas residuales panameñas, se mantuvo la opción del emisario submarino con pre-tratamiento del efluente debido a cuestiones económicas relacionadas con la opción de mínimo costo exigida por los Términos de Referencia y el Banco Interamericano de Desarrollo. Este punto ha sido ampliamente discutido por el Consorcio con las instituciones involucradas y a altos niveles del gobierno.

1.4 Impactos positivos y negativos generados por el proyecto

1.4.1 Impactos positivos

Los contaminantes de muchas fuentes están dañando la biota, incluyendo los recursos pesqueros en muchas áreas de la bahía de Panamá, donde existen descargas de aguas residuales sin tratamiento. La reducción de la contaminación proveniente de la descarga de aguas residuales, puede reducir significativamente las fuentes de contaminación.

Los beneficios durante la fase operacional incluyen:

- a. Reducción del riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en el área de estudio.
- b. Mejoramiento de la calidad de las aguas costeras (principalmente la calidad bacteriológica y de nutrientes) debido a una disminución de la descarga de efluentes.
- c. Disminución del deterioro de la biota costera, playas más limpias y mejor calidad de agua costera que pudiera ser apta para actividades recreativas.
- d. Mejoramiento de los recursos pesqueros.

1.4.2 Impactos negativos

Los impactos adversos del proyecto propuesto están principalmente relacionados con la fase de construcción que es relativamente corta comparada con la fase de operación e incluyen:

- a. Disminución local de la calidad del agua debido al polvo generado durante la construcción y a las emisiones de monóxido de carbono provenientes de los vehículos utilizados durante la fase de construcción.
- b. Incremento local del ruido y el tráfico debido a las actividades de construcción.
- c. Perturbación terrestre y acuática en las áreas de construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales.
- d. Aumento local de la turbidez en ríos y la bahía en las áreas de construcción de las plantas de tratamiento y del emisario.

Los impactos negativos durante la fase operacional incluyen:

- a. Malos olores y ruido en las instalaciones de tratamiento y bombeo.
- b. Posible disminución de la calidad del aire en las áreas de las plantas de tratamiento.
- c. Perturbación de la calidad del agua en la bahía alrededor de los puntos de descarga.
- d. Ruido localizado en la vecindad de las plantas de tratamiento.

1.5 Justificación para la selección de Categoría III

Para la selección de la Categoría a la que pertenece el estudio de impacto ambiental se analizaron los criterios especificados en el Artículo 17 de la reglamentación del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (Decreto Ejecutivo No 59 del 16 de marzo de 2,000): A continuación se presenta en forma muy resumida el aspecto considerado en cada criterio y la evaluación del estudio de acuerdo a cada uno.

Criterio 1: El proyecto genera riesgos para la salud de la población.

Este criterio no es aplicable al proyecto, ya que lejos de representar un riesgo a la salud de la población, el mismo plantea la solución a los problemas de contaminación que actualmente representan un riesgo a la salud de la población. En tal sentido, el proyecto disminuye en forma significativa el actual riesgo a la salud de la población, mejorando la calidad de vida de la misma.

Criterio 2: El proyecto genera o presenta alteraciones significativas sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales: agua, suelo, flora y fauna

En cuanto a las obras de construcción de la infraestructura, se generarán procesos erosivos, que pueden ser mitigados con las medidas recomendadas en el Plan de Manejo Ambiental. La alteración de la calidad de agua superficial será en sentido positivo, ya que se mejorará la

calidad de agua tanto de los ríos como del área costera. Este criterio podría ser aplicable al estudio en lo referente a la alteración de la calidad del agua en el punto de descarga del emisario submarino, los cuales son discutidos en el estudio.

Criterio 3: El proyecto genera o presenta alteraciones significativas sobre los atributos que dieron origen a una área clasificada como protegida o de valor paisajístico y/o turístico.

Este criterio no es aplicable al estudio debido a que no producirán impactos sobre áreas protegidas.

Criterio 4: El proyecto genera reasentamientos y reubicaciones de comunidades humanas y alteraciones significativas sobre los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos.

La ubicación de los sistemas de tratamiento se determinó tomando en cuenta la mínima afectación de las viviendas, por lo que las mismas fueron propuestas en sitios donde no existen viviendas actualmente. En el caso de las colectoras sanitarias, la reubicación de viviendas será mínima, por lo que se considera que este criterio no es aplicable al estudio.

Criterio 5: El proyecto genera o presenta alteraciones sobre monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico o perteneciente al patrimonio cultural.

No se prevén alteraciones a monumentos o sitios de valor antropológico o pertenecientes al patrimonio histórico del país por lo que este criterio no es aplicable al estudio.

En este caso el proyecto presenta impactos adversos correspondientes al Criterio 2, debido a que se producirán impactos negativos sobre la calidad del agua marina en el sitio de descarga del emisario submarino, aun cuando no son de gran magnitud y sus efectos serán aminorados con un área de exclusión a la extracción de productos. Sin embargo, para las demás áreas, los impactos serán positivos ya que incluirán el mejoramiento de la calidad del agua de los ríos y del área costera. Por tal motivo, se clasificó el Estudio como Categoría III:

1.6 Medidas de mitigación, seguimiento, vigilancia y control

A continuación se presenta un resumen de las medidas de mitigación para la alternativa seleccionada.

Cuadro Plan de Manejo Ambiental 1/10

Cuadro Plan de Manejo Ambiental 2/10

Cuadro Plan de Manejo Ambiental 3/10

Cuadro Plan de Manejo Ambiental 4/10

Cuadro Plan de Manejo Ambiental 5/10

Cuadro Plan de Manejo Ambiental 6/10

Cuadro Plan de Manejo Ambiental 7/10

Cuadro Plan de Manejo Ambiental 8/10

Cuadro Plan de Manejo Ambiental 9/10

Cuadro Plan de Manejo Ambiental 10/10

1.7 Plan de participación pública

1.7.1 Mecanismos utilizados para la participación ciudadana

Con el objeto de involucrar a la población y mantenerla informada sobre los objetivos y actividades del proyecto, se realizaron diferentes actividades entre las que podemos mencionar: encuestas a un porcentaje significativo de la población, con el objeto de determinar el grado de conocimiento de la población en general sobre el proyecto, el grado de satisfacción o insatisfacción que muestra actualmente la población con respecto a las condiciones ambientales, especialmente de los ríos que desembocan en la bahía de Panamá y de la contaminación de la bahía, y el grado de aceptación del proyecto por parte de la población. Otra de las actividades de divulgación que se efectuó durante el desarrollo de este estudio y que permitió obtener recomendaciones y sugerencias para el proyecto fue una serie de foros desarrollados con diversos niveles que tienen que ver con la toma de decisiones sobre proyectos de esta envergadura.

1.7.2 Fuentes de información utilizadas

Para la realización del presente Estudio de Impacto Ambiental se utilizaron diversas fuentes de información por cada especialista participante. En términos generales se mencionan las siguientes:

- Información histórica de estudios anteriores como el Plan Maestro del Sistema de Alcantarillado de la Región Metropolitana de la Ciudad de Panamá (1959).
- Datos históricos de calidad de agua del Departamento de Hidrometeorología del antiguo Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación
- Datos de calidad de agua del Programa de Monitoreo de la Bahía de Panamá correspondientes al proyecto Corredor Sur.
- Datos de calidad de aire de la ciudad de Panamá, del Instituto Especializado de Análisis.
- Datos de climatología del área de estudio, de diversas fuentes.
- Datos sobre biología terrestre, de diversas fuentes.
- Resultados de estudios de campo, muestreos y análisis de los diferentes componentes ambientales incluyendo calidad de agua de los ríos y de la bahía, estudios de plancton y bentos.
- Resultados de los modelos de simulación de calidad de agua de la bahía (DELFT) y de la capacidad de asimilación de los ríos (QUAL"E).
- Datos del proyecto y sus alternativas suministrados por CESOC
- Legislación ambiental panameña

2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y SUS ALTERNATIVAS

2.1 Antecedentes generales del proyecto

El estudio “Plan Maestro y Estudios de Factibilidad para el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá” forma parte del proyecto PAN/97/003 “Cooperación Técnica de Apoyo al Programa Sectorial de Reforma de los Sectores de Infraestructura Básica” Financiado con recursos del préstamo 1029/OC_PN suscrito entre el Gobierno de la República de Panamá y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

A solicitud del Gobierno de Panamá se designó a la Representación Residente del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) para la contratación de los Servicios de Consultoría con el Consorcio Encibra S.A. / Stanley Consultants, Inc. / Omniconsult, S.A. / CEP International, Inc. (CESOC) para la realización del estudio.

Anteriormente se han realizado varios estudios con el objetivo de mejorar el sistema de alcantarillado de la ciudad de Panamá y obtener un nivel de saneamiento adecuado. Entre estos estudios podemos mencionar: el Plan Maestro para el Sistema de Alcantarillado de la Región Metropolitana de la Ciudad de Panamá, realizado en 1959, el Sistema de Tratamiento de Aguas Negras y Rehabilitación del Sistema de Acueducto y Alcantarillado del Casco Viejo (1977), el Estudio para el Saneamiento Ambiental y Mejoramiento del Sistema de Drenaje Pluvial de los Ríos Curundú y Matías Hernández (1987), el Plan de Desarrollo Urbano de las Areas Metropolitanas del Pacífico y Atlántico (1997) y Auditorías Ambientales para los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillados Sanitarios (1998).

El Plan Maestro para el Sistema de Alcantarillado de la Región Metropolitana de la Ciudad de Panamá fue desarrollado en 1959 por la firma de consultores Greeely and Hansen. El estudio presentaba básicamente dos alternativas de solución. Al alternativa 1 consideraba la concentración de las aguas residuales en una planta única de tratamiento y la alternativa 2 consistía en una serie de plantas de tratamiento ubicadas en Boca La Caja, desembocadura del río Abajo, y cerca de la desembocadura del río Juan Díaz. Las líneas generales de este estudio fueron adoptadas por el IDAAN, ya que se construyeron los sistemas colectores suburbanos y la estación de bombeo de Vía Brasil.

En 1977 se realizó una consultoría denominada Sistema de Tratamiento de Aguas Negras y Rehabilitación de los Sistemas de Acueducto y Alcantarillado del Casco Viejo. Este estudio, realizado por el Consorcio Tecnipan-Hazen and Sawyer, puede ser considerado como el segundo Plan Maestro para el saneamiento de la ciudad de Panamá. Los objetivos de este estudio fueron los siguientes:

- Reemplazar total o parcialmente la red de distribución de agua potable del casco viejo de la Ciudad de Panamá.
- Estudiar la separación del sistema combinado de recolección de aguas residuales y pluviales del casco viejo.
- Proponer un sistema interceptor costanero que recogiera las salidas cloacales en el litoral.
- Proponer una o más plantas de tratamiento de aguas residuales para la ciudad de Panamá y uno o más emisarios submarinos en la Bahía de Panamá.

El Estudio para el Saneamiento Ambiental y Mejoramiento del Sistema de Drenaje Pluvial de los Ríos Curundú y Matías Hernández, realizado en 1987 fue elaborado por el Consorcio F.G Guardia y Asociados, S.A. – Greeley and Hansen. Las alternativas consideradas incluían:

- Bombeo al interceptor costanero propuesto en el estudio de Hazen and Sawyer, para recibir tratamiento primario y descarga a la Bahía de Panamá mediante un emisario submarino.
- Tamizado local de sólidos, bombeo del efluente y descarga en la Bahía de Panamá mediante un emisario submarino de 4 kilómetros.
- Tratamiento primario local, bombeo del efluente y descarga en la Bahía de Panamá mediante un emisario submarino de 4 km.
- Tratamiento secundario local y bombeo del efluente del río Curundú.
- Tratamiento terciario local y bombeo del efluente del río Curundú.

En 1998 se realizó un estudio denominado Auditorías Ambientales para los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillados Sanitarios, a cargo del Consorcio Louis Berger International, Inc – Hazen and Sawyer – DELCA Consultores, S.A. Este estudio tuvo los siguientes objetivos:

- Identificar, describir y evaluar las condiciones ambientales actuales de los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario del IDAAN y verificar el cumplimiento de las leyes y normas ambientales existentes.
- Determinar los riesgos y responsabilidades ambientales y recomendar las medidas de prevención, mitigación y corrección.
- Determinar el pasivo ambiental de cada sistema.
- Crear la base del sistema de gestión ambiental de las instalaciones y de las futuras auditorías ambientales.

El mencionado estudio concluyó que las redes de alcantarillado sanitario funcionan adecuadamente hacia el oriente de la Avenida Federico Boyd hasta el río Juan Díaz, en el casco viejo existe una gran cantidad de tuberías que han perdido su alineación vertical u horizontal, su capacidad de autolimpieza y generalmente se encuentran obstruidas. Otra de las conclusiones del estudio es que “la contaminación de la Bahía de Panamá constituye el mayor pasivo ambiental y es el objetivo fundamental de la política de Gobierno en materia de saneamiento ambiental”.

2.2 Descripción del sistema de alcantarillado sanitario existente

Los problemas de contaminación de la bahía de Panamá y de los ríos que desembocan en la misma son el resultado de un deficiente sistema de alcantarillado, que no tiene por un lado la total cobertura del área metropolitana y por el otro, presenta múltiples problemas de rupturas. Por lo tanto, no se puede resolver el problema de contaminación de la bahía sin entrar a considerar el sistema de alcantarillado y las posibles soluciones para el tratamientos de las aguas residuales.

El sistema de alcantarillado de la ciudad de Panamá, específicamente en el área del Casco Antiguo, data de 1903. La red de colectoras principales y secundarias fue construida con tuberías de arcilla vitrificada, con descarga del efluente sin tratamiento en la Bahía de

Panamá, a través de 21 emisarios de pequeña longitud. El sistema se concibió originalmente como un sistema combinado, para recoger y transportar conjuntamente las aguas residuales domésticas y las aguas pluviales. En el área del Casco Antiguo, ubicada en el corregimiento de San Felipe, se encuentran las tuberías de alcantarillado más antiguas del sistema. Las aguas residuales combinadas con las aguas pluviales son descargadas sin tratamiento al la bahía de Panamá a través de 15 salidas. En el Casco Viejo existen 6 salidas directas al mar de aguas residuales sin tratamiento, que descargan a lo largo de la Avenida Balboa.

La responsabilidad de administración del alcantarillado recayó en el Gobierno Nacional a partir del año 1953, cuando se creó la Comisión de Acueductos y Alcantarillados de Panamá (CAAP). En 1961 se crea el Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN) como entidad autónoma responsable de la administración, operación y mantenimiento de los sistemas de acueducto y alcantarillado a nivel nacional.

A medida que la ciudad fue creciendo hacia el Este y Norte, durante los años 1960 surgieron sistemas de alcantarillado aislados para las urbanizaciones que se iban construyendo. La mayoría de los mismos contaba con sistemas de tratamiento primario consistentes principalmente de tanques sépticos y tanques Imhoff. Pero estos sistemas carecieron de un programa de mantenimiento, por lo que el efluente de los mismos fue y es descargado a los cuerpos de agua naturales en condiciones iguales o peores que el agua residual cruda, dando origen a los problemas de contaminación de los ríos que se agrava cada día.

Desde su creación, ha sido tarea del IDAAN la ampliación de la red de alcantarillado sanitario hacia el Este y Norte, con lo cual se construyeron colectoras sanitarias y estaciones de bombeo en los corregimientos de Bella Vista, Bethania, Río Abajo, Parque Lefevre, Juan Díaz y Pedregal en el período 1962-1989. A partir de 1989 se han construido sistemas sanitarios aislados en urbanizaciones privadas ubicadas en la periferia de la ciudad, en los corregimientos de Juan Díaz, Pedregal y Tocumen principalmente y en urbanizaciones ubicadas a lo largo de la Vía Transistmica y Ricardo J. Alfaro. Se continúan utilizando sistemas de tratamiento primario, que no funcionan adecuadamente debido a la falta de mantenimiento.

Del diagnóstico de la situación actual del sistema de alcantarillado sanitario realizado por CESOC, se determinó que el sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Panamá descarga sus aguas residuales contaminadas al área costera a través de 51 salidas de tuberías, las cuales se encuentran ubicadas tal como se indica en el Cuadro N° 2.1.

Cuadro N° 2.1 - Salidas de aguas residuales contaminadas a la bahía de Panamá

Cantidad de salidas	Ubicación
2	En ambos lados del litoral de Amador hacia el Canal y la Bahía
10	En la Avenida de los Poetas
5	En el litoral del Casco Antiguo (de las Bóvedas al Mercado Público)
23	En el litoral de la Ave. Balboa, hasta el río Matasnillo
6	En el litoral de Punta Paitilla
5	Desde Boca La Caja hasta la desembocadura de Río Abajo

Fuente: CESOC

En el resto del área, las descargas se dan directamente a los ríos, con lo que estos se han convertido en cloacas que representan un peligro para la salud de la población humana. Los ríos más contaminados que descargan a la Bahía de Panamá son: Curundú, Matasnillo, Río Abajo, Matías Hernández, Juan Díaz, Tapia y Tocumen. Cada uno de éstos cuenta con una serie de afluentes que se encuentran con similar grado de contaminación.

2.3 Objetivos del estudio

El Plan Maestro y Estudio de Factibilidad para el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá tiene los siguientes objetivos:

- Determinar la Factibilidad técnico y socioeconómica y ambiental de la mejor alternativa de solución integral que garantice un servicio adecuado y eficaz de recolección, tratamiento y disposición final de las aguas residuales de la ciudad de Panamá.
- Definir y seleccionar la mejor alternativa para el tratamiento y disposición final de los efluentes de aguas residuales y lodos de desecho, para lograr el saneamiento de la ciudad y bahía de Panamá.

2.4 Localización geográfica del área de estudio

El área de estudio comprende la zona urbana y suburbana del área metropolitana de la Ciudad de Panamá, incluyendo los 15 corregimientos del distrito de Panamá y el distrito de San Miguelito. Los corregimientos del Distrito de Panamá son los siguientes: Ancón, San Felipe, El Chorrillo, Santa Ana, Calidonia, Curundú, Bella Vista, San Francisco, Pueblo Nuevo, Bethania, Río Abajo, Parque Lefevre, Juan Díaz, Pedregal y Tocumen. En el distrito de San Miguelito se cuenta con los corregimientos: Victoriano Lorenzo, Mateo Iturralde, Amelia Denis de Icaza y Belisario Porras. La figura 2.1 muestra la localización geográfica del área de estudio.

Figura 2.1 – Área de Estudio

2.5 Justificación de la localización del proyecto

La localización geográfica del proyecto está determinada por el sistema de alcantarillado existente, ya que en base al mismo se establecen las colectoras sanitarias requeridas. La localización de las colectoras sanitarias está determinada por la topografía ya que las mismas deben ir en los puntos más bajos de cada cuenca para disminuir los costos de bombeo, lo cual es bordeando las márgenes de los ríos. Por otro lado, para la ubicación de los sistemas de tratamiento se tomó en cuenta los posibles impactos ambientales de las mismas por lo que, para determinar su ubicación se realizó una inspección de campo conjunta entre el equipo ambiental y el de ingeniería. Se trató de no impactar los recursos naturales (especialmente los manglares de Juan Díaz) y ubicarlas donde no existan viviendas para minimizar el impacto sobre la población.

2.6 Obras que componen el proyecto

El proyecto del Plan Maestro y Estudio de Factibilidad para el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá comprende las siguientes obras:

- a. Red de alcantarillado: Se determinan las extensiones de la red de alcantarillado necesarias, en el período 2,000-2,020 para atender el área de estudio.
- b. Tuberías colectoras: se realiza el predimensionamiento de las tuberías colectoras, las cuales siguen el curso de los ríos, para obtener un flujo gravitacional hacia los sitios de tratamiento. Se incluyen las estaciones de bombeo y líneas de impulsión.
- c. Plantas de tratamiento de aguas residuales: Se determina el tipo de tratamiento requerido para cumplir con las normas vigentes en Panamá y la ubicación de los sistemas de tratamiento. El tratamiento de las aguas residuales incluye todos los caudales de tipo doméstico, comercial e industrial y de infiltración.

2.7 Descripción de las alternativas

En el área de proyecto se distinguen una serie de cuencas y subcuencas de drenaje, que para efectos de estudio, se han dividido en doce áreas que permiten visualizar sistemas de drenaje sanitarios independientes, de acuerdo con el drenaje natural de las cuencas o con su sistema existente de tuberías colectoras de aguas servidas.

2.7.1 Areas en que se subdivide la zona de estudio

Las doce áreas en que se dividió el estudio se refieren a:

Area N° 1

Esta área comprende las cuencas de los Ríos Tapiá, Tocumen y Cabuya (afluente del río Cabra), además, las subcuencas de la quebrada Las Mañanitas y el Río Tagareté, afluentes del Río Tocumen. Dentro de la misma existen diversas comunidades, entre otras, La Ciudad Jardín las Mañanitas, La Barriada 24 de Diciembre, La Barriada Tocumen, La Barriada Paredes, La Barriada Illueca, situadas al norte del Aeropuerto Internacional de Tocumen.

Estos conglomerados, compuestos en su mayoría por personas de bajos recursos carecen de un sistema de recolección de aguas servidas, aunque existen algunos tanques sépticos y prevalecen las letrinas. Al sur del área se encuentran grandes porciones de terreno bajo inundación, aunque proliferan canales de drenaje para la evacuación de estas aguas.

Area N° 2

El Area N° 2 comprende la cuenca del río Juan Díaz; las subcuencas de los ríos Naranjal, Lajas, Palomo y las subcuencas de las quebradas Santa Rita y Espavé.

La parte norte de la cuenca envuelve las subcuencas del los ríos Naranjal, la del sector nor-oriental del río Juan Díaz y la del sector nor-occidental, que a su vez incluye la parte sur de las subcuencas del río Las Lajas y de la quebrada Santa Rita.

Area N ° 3

El Area N° 3 comprende la cuenca del Río Matías Hernández, el Río Abajo, la Quebrada la Entrada y el Río Matasnillo, además de estar prevista, en algunas alternativas, la incorporación del Casco Viejo de la Ciudad, el área de Calidonia, Bellavista y gran parte de la zona de Villa Las Fuentes, Altos del Chase y toda el área drenada hacia la colectora del río Curundú. Gran parte del área está densamente poblada, con desarrollos urbanos provistos de sistemas sanitarios que en su mayoría descargan sus aguas en colectoras construidas por el IDAAN a lo largo de esos ríos durante la década de los años 60 y 70.

Area N° 4

Esta área comprende la cuenca occidental del río Curundú, que envuelve parte de las áreas de la antigua Zona del Canal que han revertido a la República de Panamá, como el área del antiguo aeropuerto de Albrook, hoy aeropuerto Marcos A Gelabert, el área de la base militar de Albrook, el área de Balboa y el Cerro Ancón.

Esta área posee redes colectoras que fluyen hacia varios puntos de bombeo, cuyas instalaciones están hoy operando de manera de enviar las aguas hacia descargas sin tratamiento en el Canal.

Area N° 5

El Area n°5 forma parte de las tierras que también han revertido a la República de Panamá con motivo de los Tratados Torrijos-Carter. Aquí se encuentran las comunidades de Cárdenas, Corozal Este y Oeste y las instalaciones del Fuerte Clayton de las fuerzas armadas de EEUU. Existen dos ríos que atraviesan el área, el Mocambo y el Caimitillo.

Area N° 6

Dentro de esta área se encuentra la comunidad de Paraíso, ubicada en la margen oriental del Canal de Panamá, próxima a las esclusas de Pedro Miguel. Aguas arriba de las esclusas está la toma de agua cruda de la Planta Potabilizadora de Miraflores y aguas abajo desemboca el Río Pedro Miguel que constituye el único curso superficial importante dentro del Area N° 6.

Area N° 7

Esta área está conformada por las antiguas instalaciones del Fuerte Amador, las Islas Naos, Perico y Flamenco, junto con la vía costanera sobre el relleno marino que las une a tierra firme. En esta área se construyen importantes obras contempladas dentro del Proyecto de Desarrollo Turístico del Fuerte Amador, actualmente en proceso de ejecución.

El proyecto contempla la instalación de colectoras sanitarias en tierra firme y estaciones de bombeo con tuberías de impulsión que transportarán las aguas residuales desde las islas hacia la planta de tratamiento secundario que se contempla construir para tratar todas las aguas servidas dentro del área del proyecto. A juicio del consultor, las instalaciones proyectadas dentro del área garantizan la disposición inocua de las aguas residuales del Proyecto de Desarrollo Turístico de Fuerte Amador en las aguas de la Bahía de Panamá.

Area N° 8

El área N° 8 contiene las instalaciones del poblado de Cocolí, en donde residía parte de la población civil y militar norteamericana de la antigua base de Rodman y Cocolí. Existen tuberías sanitarias al igual que en la mayoría de las instalaciones que pertenecían al ejército de los EEUU, establecidas en la ribera occidental del Canal. También existe la Quebrada Victoria y el Río Velásquez que drenan sus aguas al Canal. Se propone la instalación de colectoras al borde de la Quebrada Victoria.

Area N° 9

Esta área contiene las antiguas instalaciones de la base Naval de Rodman, así como las viviendas de la población civil y militar de la base. Existen viejas instalaciones de tuberías sanitarias de arcilla vidriada con juntas de estopa y brea, de las cuales unas deberán ser reemplazadas y otras reforzadas para atender los caudales futuros del área.

Area N° 10

Existen dos ríos importantes dentro del área, Farfán y Venado. Además, las instalaciones de las antiguas bases militares de Kobee, Howard y el aeropuerto de Howard. Dentro del área existe una red de alcantarillado sanitario provista de una planta de tratamiento secundario, construida durante la segunda guerra mundial; así como varias estaciones de bombeo que conducen las aguas servidas al sitio de tratamiento que dispone las aguas tratadas en el río Venado y finalmente las descarga en la Bahía de Panamá.

Area N° 11

En esta área se encuentran los desarrollos urbanos de Veracruz, Majagual y también la Urbanización Costa de Sol. Los primeros carecen de un sistema de colectoras o redes de recolección de aguas residuales y prevalecen algunos tanques sépticos y letrinas; mientras que en esta última se cuenta con líneas sanitarias y un tanque séptico previo a su descarga a la Quebrada Veracruz.

Area N° 12

No se espera un desarrollo futuro y un crecimiento poblacional de importancia dentro del Area N° 12; sin embargo, de presentarse el mismo, sería aconsejable la elaboración de diseños específicos para proporcionar la solución sanitaria a esta porción del área de estudio.

Se distinguen también dos áreas bien diferenciadas:

La primera, con mayor concentración urbana, que va desde el Puerto de Balboa hasta el límite oriental del área de proyecto, en Tocumen y que constituye propiamente la ciudad de Panamá y está ocupada por las áreas 1 a 4, donde se visualizaron sistemas de alcantarillado sanitario integrado, es decir que las alternativas de solución definidas son dependientes. Dependen unas de otras porque las áreas no son fijas, sino que, dependiendo de la alternativa, los caudales se conducen a diversos lugares de tratamiento/disposición.

La segunda, con desarrollo restringido a usos específicos de la administración del Canal, de áreas militares en proceso de reversión y las áreas de Veracruz, comprendidas a lo largo del canal y hacia el sector oeste de la capital, que van desde el área 5 hasta el área 12. En esta área, los sistemas existentes o proyectados, son independientes y tienen una alternativa única de solución, pues se vislumbra que cada uno de los sistemas deberá incorporar las unidades necesarias para cumplir con las normas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de aguas servidas, sin depender de los otros.

En razón de lo expuesto en los últimos párrafos, las alternativas presentadas a continuación se refieren exclusivamente a las áreas 1 a 4.

2.7.2 Descripción de las alternativas

2.7.2.1 Alternativa 1

Como característica general de esta alternativa, se prevé la instalación de colectoras principales con flujo por gravedad hasta el punto de descarga natural cerca de la costa marina, en donde recibirán el tratamiento antes de su disposición final en la Bahía de Panamá o en el último trecho del río que drena cada cuenca.

2.7.2.2 Alternativa 2

En algunas de las áreas de la subdivisión se concibe la instalación de plantas de tratamiento para tratar las aguas residuales de parte del sistema de alcantarillado, ubicadas en sitios convenientes, alejados de la costa, con el objetivo de disminuir el diámetro de las colectoras hacia aguas abajo y en algunos casos su extensión y, de esa forma, conseguir minimizar los costos de implantación del sistema colector. Estas plantas de tratamiento descargarían sus efluentes en ríos o quebradas de la sub-área.

2.7.2.3 Alternativa 3

Esta alternativa tiene como premisa la transferencia de caudales entre cuencas, mediante bombeos, con la finalidad de concentrar las aguas residuales en puntos de descarga común para disminuir el diámetro y la longitud de las colectoras y el número de plantas de tratamiento dentro de la sub-área de estudio y en el litoral, próximo a la desembocadura de los ríos.

2.7.2.4 Alternativa 4

En esta alternativa se plantea una solución que pretende equilibrar los caudales de las áreas 2 y 3 con el fin de aliviar tanto las colectoras existentes, como las previsiones de bombeo y principalmente el tratamiento y disposición final que en las alternativas anteriores se concentra fuertemente en Boca la Caja.

Los caudales de la cuenca del río Matías Hernández se conducen, mediante bombeo, hacia el río Juan Díaz, ampliando el área N° 2 y disponiéndolas inicialmente en el lugar de tratamiento previsto cerca de la desembocadura del río. La ventaja que se pretende alcanzar, además de balancear los caudales, es efectuar la inversión por etapas, posponiendo los grandes gastos iniciales para la construcción de una planta de tratamiento convencional o un emisario submarino, mediante la instalación de un tratamiento inicial de bajo costo, debido a la disponibilidad de tierras que tornarían factible la aplicación de las lagunas de estabilización como tratamiento adecuado en esta área del estudio.

La aplicación de una solución de este tipo reduciría el tamaño de las instalaciones previstas para el sector de Boca La Caja, principalmente el diámetro del emisario submarino necesario para la disposición de las aguas servidas.

2.7.2.5 Alternativa 5

Esta alternativa surgió de la necesidad de modificar el punto de tratamiento propuesto originalmente para el área 4 en las proximidades del aeropuerto de Albrook, debido a las observaciones de la Autoridad de la Región Interoceánica (ARI). Tales comentarios se referían a la ubicación de la planta de tratamiento TR-4 en terrenos que estarían comprometidos para actividades portuarias y ampliación de la carretera Gaillard imponiendo como único punto disponible para tratamiento un lugar próximo al canal en el sector de Corozal Oeste, lejos del centro productor de las aguas residuales, siendo necesario su bombeo a una distancia considerable. Como alternativa fue previsto el bombeo hacia el interceptor costanero de la Avda. Balboa (considerado en las alternativas 1 y 2), es decir incorporando toda el área 4 en el área 3.

El aumento del caudal hacia el interceptor costanero provoca la necesidad de aumentos de diámetro y de caudales de bombeo para disponer los flujos en el pre-tratamiento de Boca la Caja y disposición final en el emisario submarino previsto para el área 3. Las otras áreas (1 y 2) no sufren alteraciones, en tanto que el área 5 incorpora el área de los barrios de Diablo y Corozal, cuyos caudales se bombearían hacia el lugar de Tratamiento TR-5 en el sitio que hoy ocupan las lagunas de estabilización de Clayton.

La sub-alternativa denominada 5-A es una solución que combina la alternativa 5 con la alternativa 4, equilibrando los caudales que se destinan al emisario de Boca la Caja y a la planta de tratamiento del área 2 TR-2, utilizando el bombeo EB-3B, que conduce las aguas provenientes de la cuenca del río Matías Hernández para el sitio de tratamiento TR-2, manteniendo las demás características de la solución propuesta en la alternativa 5, reduciendo el caudal hacia el emisario submarino y reduciendo sus costos de instalación y operación.

2.7.3 Descripción de las obras previstas por alternativa

Las obras previstas para cada alternativa serán desglosadas en términos de las áreas previamente especificadas. Los dibujos referenciados en esta sección encuentranse al final de este Capítulo 2.

2.7.3.1 Area N° 1

Alternativa 1

En esta alternativa se considera la construcción de tuberías colectoras a lo largo de la ribera de los cauces, que servirían como interceptores de las redes colectoras, como puede observarse en el Dibujo I-1.

Se observan los colectores CA-1, TO-1, TG-1, TG-2, LM-1, LM-2 y TA-1 de las cuencas respectivas de los ríos o quebradas Cabuya, Tocumen, Tagareté, Las Mañanitas y Tapia.

En el dibujo se observa que los cursos naturales descargan en un punto común, puesto que se unen en un sitio próximo a la desembocadura del río Tapia en la Bahía. También se puede apreciar el trazado de las colectoras principales propuestas que recogerán y transportarán las aguas residuales por gravedad, hasta el sitio de disposición final TR-1, próximo a la desembocadura y cercano al Corredor Sur, en donde recibirán un tratamiento secundario para luego ser vertidas en el río Tapia, que las conducirá finalmente a la Bahía.

Alternativa 2

En esta alternativa se incluyen las plantas de tratamiento TR-1A que recoge las aguas provenientes de la parte alta del colector CA-1, TR-1B que trata las aguas de los colectores TO-1, parte alta y TG-1 y TG-2 de la quebrada Tagareté, TR-1C, que recibe las aguas de los colectores TO-2 (parte intermedia del río Tocumen) y LM-1 y LM-2 de la quebrada Las Mañanitas, TR-1E destinada a tratar las aguas residuales del colector TA-1 de la parte alta del río Tapia y TR-1D, que trata las aguas de los colectores TA-2 (parte baja del río Tapia) y CA-2 (parte baja del colector de la cuenca del río Cabuya/Cabra). Ver Dibujo N° I-2

Alternativa 3 (idéntica a la alternativa 2)**Alternativa 4 (idéntica a la alternativa 2)****Alternativa 5 y 5-A(idéntica a la alternativa 1)****2.7.3.2 Area N° 2****Alternativa 1**

En esta alternativa se considera la construcción de tuberías colectoras a lo largo de la ribera de los cauces, que servirían como interceptores de las redes colectoras, como puede observarse en el Dibujo N° I-1. Los colectores están previstos para funcionar por gravedad, pero se prevé la utilización de las estaciones de bombeo EB-2E, EB-2F, EB-2G, necesarias para el escurrimiento de las aguas servidas, como puede observarse en el dibujo mencionado.

Se observan los colectores NA, JD-1, JD-2, JD-3, JD-4, JD-5, SR, LL, ES-1 y PA de las cuencas respectivas de los ríos o quebradas Naranjal, Juan Díaz (en diversos tramos), Santa Rita, Las Lajas, Espavé y Río Palomo.

En el dibujo se observa el trazado de los colectores principales propuestos que recogerán y transportarán las aguas residuales por gravedad, hasta el sitio de disposición final TR-2, próximo a la desembocadura y cercano al Corredor Sur, en donde recibirán un tratamiento secundario, para luego ser vertidas dentro del río Juan Díaz, que las conducirá finalmente a la Bahía.

Alternativa 2

En esta alternativa se incluyen las plantas de tratamiento TR-2 que recoge las aguas provenientes de la parte baja del colector JD-4 al cual contribuyen los Tramos JD-2, JD-3 y los colectores ES-1 y PA y el colector JD-5, del sector sud-oriental de la cuenca; TR-2C que trata las aguas de los colectores JD-1, parte alta del río Juan Díaz, LL de la parte media del río Las Lajas y NA, de la cuenca del río Naranjal; y TR-2D, que recibe las aguas del colector SR de la quebrada Santa Rita. Ver Dibujo N° I-2

Alternativa 3

En esta alternativa se incorporan estaciones de bombeo EB-2A, EB-2B, EB-2C y EB-2D con las cuales se traspasan los caudales de una cuenca a otra. El área 2 pierde en esta alternativa el área de drenaje de la quebrada Santa Rita, que se incorpora, mediante bombeo, al área 3, disminuyendo la necesidad de construir el colector LL, actualmente en área despoblada.

Los lugares de tratamiento permanecen similares a los de la alternativa 2, como puede observarse en el Dibujo N° I-3.

Alternativa 4

El área 2 crece en esta alternativa al incluir la cuenca del río Matías Hernández incorporando la estación de bombeo EB-3B, que permite impulsar los caudales hacia la planta de tratamiento TR-2, que además recibe los caudales de todos los colectores definidos en la alternativa 1. Se exceptúa el caudal de la cuenca de la quebrada Santa Rita, que permanece similar a la alternativa 3 al ser bombeado mediante la estación de bombeo EB-3A hacia el colector de la quebrada Palomo, contribuyente del colector del Matías Hernández. Ver el Dibujo N° I-4

Alternativa 5 idéntica a la alternativa 1 y sub-alternativa 5-A idéntica a la alternativa 4**2.7.3.3 Area N° 3****Alternativa 1**

En esta área se aprovechará el sistema colector existente, que de cierta forma concentra los caudales en Boca la Caja y Estatua de Morelos (ambos puntos relativamente próximos). Sin embargo deberán reforzarse y extenderse los colectores existentes de los márgenes de los ríos Matías Hernández y Río Abajo, así como construir el interceptor costero CV-1, CV-2 y los colectores EC-1 y EC-2.

Para incorporar el área del Casco Viejo deberán ser incluidas las estaciones de bombeo EB-1 (que recoge el efluente del colector CV-1 en la Avda. Los Poetas), EB-2 (que impulsa las aguas de San Felipe hacia el colector CV-2 en la Avda. Balboa) y EB-3 (que impulsa el caudal total del interceptor de la Avda. Balboa-CV-2- hacia la planta de pre-tratamiento TR-3 en Boca la Caja, antes de descargar en el emisario submarino propuesto para disposición final de las aguas servidas de esta área), como muestra el Dibujo N° I-1.

La estación de bombeo EB-4 fue incorporada para desviar los caudales del colector existente del río Curundú en el sector de la Locería hacia las tuberías existentes en El Cangrejo y de esta forma evitar la ampliación del colector del Curundú hacia aguas abajo, que de cualquier forma vertería sus aguas hacia la bahía, siendo interceptados por el interceptor de la Avda. Balboa y conducidos finalmente hacia Boca la Caja.

Alternativa 2

La alternativa 2 atiende la misma área de la alternativa 1, diferenciándose sólo por la presencia de una planta de tratamiento (TR-3A) en el curso medio del río Matías Hernández, aliviando el colector aguas abajo al tratar el caudal proveniente de los colectores MH-1 (parte superior del río Matías Hernández) y QP (colector de la quebrada Palomo). Ver Dibujo N° I-2.

Las otras zonas atendidas del área 3 permanecen idénticas a la alternativa 1.

Alternativa 3

En esta alternativa el área 3 varía sus dimensiones al ser incorporada el área drenada por el colector SR de la quebrada Santa Rita, a través del bombeo de la estación EB-3A, que conduce las aguas hacia el colector QP, de la quebrada Palomo.

También se reduce la extensión al ser incorporada el área del Casco Viejo al área 4, reduciendo las dimensiones y el caudal proveniente de la Avda. Balboa al tramo comprendido entre la Avda. Federico Boyd y el río Matasnillo. La estación de bombeo EB-3 impulsa sus aguas hacia la estación de bombeo de vía Brasil, con caudales reducidos en comparación a los de las alternativas 1 y 2. Ver dibujo N° I-3.

Alternativa 4

En esta alternativa el área 3 se reduce aun más al dejar de recibir los caudales de la cuenca del río Matías Hernández, los cuales son bombeados hacia el área 2, reduciendo los diámetros y necesidades de bombeo así como el caudal final de tratamiento y disposición oceánica en el emisario propuesto en Boca la Caja. Ver dibujo N° I-4.

Alternativa 5

Esta área incorpora en esta alternativa toda el área 4. En la sub-alternativa 5-A se reduce el área de la cuenca del río Matías Hernández, la cual se incorpora al área 2 mediante bombeo a través de la estación de bombeo EB-3B.

La estación de bombeo EB-7 localizada en Balboa, se reformará en su estructura y equipos para impulsar sus aguas hacia el colector CV-1 (Avda. Los Poetas en El Chorrillo). La estación EB-8 (Albrook), también se adecuará con refuerzos en su estructura y nuevos equipos, a las nuevas condiciones de operación, para impulsar las aguas hacia la nueva estación EB-9, ubicada en la posición del actual Tanque Imhoff del IDAAN, que las conduce mediante línea de impulsión, hacia el interceptor de la Avda. Balboa. Este sistema interceptor conduce las aguas hacia Boca la Caja en forma similar al propuesto en la alternativa 1. Ver dibujo N° I-5.

2.7.3.4 Area N ° 4

Alternativa 1

En esta área, las obras previstas son, el colector CU-2 en el lado oeste del río Curundú que descarga sus aguas en la estación de bombeo EB-9, ubicada en la posición del actual tanque Imhoff del IDAAN, próximo del Mercado de Abastos. Esta estación, mediante la línea de impulsión LI-9, conduce las aguas hacia la planta de tratamiento TR-4, ubicada en Corozal Oeste, cercana al Canal, único lugar disponible según las averiguaciones conjuntas con el personal de la ARI, después de las observaciones que condujeron al cambio de la posición propuesta originalmente.

La estación de bombeo EB-6, ubicada en La Boca, que recoge las aguas de la red próxima y las envía hacia la estación existente EB-7, mediante la línea de impulsión LI-6. La EB-7 deberá ser reformada con nuevos equipos de bombeo para adecuarla a las nuevas condiciones de bombeo hacia la planta de Tratamiento TR-4, mediante una nueva línea de Impulsión LI-7.

La estación de bombeo EB-10, localizada en el sector de Diablo, con línea de impulsión LI-10, permitirá captar las aguas de esta barriada y conducir las hacia la planta de tratamiento TR-4.

La planta de tratamiento secundario TR-4 deberá tratar las aguas servidas de toda el área 4 y sus efluentes deberán ser descargados hacia el canal, como se indica en el dibujo N° I-1.

Alternativa 2

Esta alternativa es idéntica a la alternativa 1 en esta área.

Alternativa 3

En esta alternativa el área 4 recibe la zona del Casco Viejo (San Felipe, Santa Ana, El Chorrillo, Calidonia y parte de Bella Vista) mediante bombeo de las aguas que en las alternativas 1 y 2 se conducían hacia Boca la Caja. Ver Dibujo N° I-3

Las aguas de San Felipe, El Chorrillo y parte de Santa Ana se bombean con las estaciones de bombeo EB-2, EB-1 y EB-1A hacia la estación existente EB-7 en Balboa.

Las aguas provenientes de parte de Santa Ana, Calidonia y parte de Bella Vista, recogidas por el interceptor de la Avda. Balboa se elevan mediante la estación EB-3D y la línea de impulsión LI-3D, hacia la estación EB-9, ubicada en la posición del actual tanque Imhoff cercano al Mercado de Abastos. El interceptor costero CV-2 conduce las aguas del Casco Antiguo hacia la EB-3D ubicada próxima a la estatua de Balboa en cuanto que el CV-3 lo hace en sentido contrario, desde aproximadamente la Avda. Federico Boyd hacia la estación de bombeo EB-3D.

Alternativa 4

Esta alternativa es idéntica a la alternativa 3 en esta área.

Alternativa 5

Esta área desaparece en esta alternativa, pues se incorpora al área 3, es decir, todo el caudal se transfiere hacia el área 3 mediante los bombeos de las estaciones EB-7 y EB-9, que en lugar de impulsar hacia la planta de tratamiento TR-4, como en las alternativas 1, 2, 3 y 4, se elevan hacia los colectores de la Avda. Los Poetas y de la Avda. Balboa y finalmente se conducen hacia el emisario submarino a través de la planta de pre-tratamiento TR-3, en Boca la Caja. Ver Dibujo N° I-5.

2.7.3.5 Resumen de Alternativas

El Cuadro N° 2.2 presenta un resumen de las características generales de las alternativas propuestas.

Cuadro N° 2.2. - Características generales de las alternativas

Alternativa	Características Generales
Alternativa 1	Instalación de colectoras principales con flujo gravitatorio. Sistemas de tratamiento ubicados cerca de la costa, con descarga de los efluentes tratados en el último tramo del río, cerca de su desembocadura..
Alternativa 2	En las áreas correspondientes a la parte media de las cuencas de los ríos Cabuya, Tocumen, Tapiá, Juan Díaz y Matías Hernández se considera la instalación de sistemas de tratamiento que descargarían sus efluentes con tratamiento secundario a los ríos y quebradas.
Alternativa 3	Transferencia de caudales entre cuencas para disminuir el diámetro y longitud de las colectoras.
Alternativa 4	Los caudales de la cuenca del Río Matías Hernández se conducen mediante bombeo hacia la parte baja de la cuenca del río Juan Díaz. Sistema de tratamiento cerca de la desembocadura del río Juan Díaz y disposición submarina.
Alternativa 5	Similar a la alternativa 1 para las áreas 1 y 2. Se elimina el área 4 y la planta de tratamiento TR-4, conduciendo parte del caudal hacia Boca La Caja y el resto hacia el área 5. La sub-alternativa 5-A considera el bombeo del caudal de la cuenca del río Matías Hernández para la planta TR-2 (Similar a alternativa 4)

Fuente: CESOC

2.7.4 Tipos de tratamiento de los sistemas de tratamiento en cada alternativa

Los sistemas de tratamiento propuestos para las diferentes alternativas incluyen tratamiento preliminar, primario y secundario de las aguas residuales y desinfección del efluente, así como la disposición final de los lodos de desecho. Como tratamiento preliminar se incluyen los desarenadores, rejillas y medidores de caudal, mientras que los procesos de tratamiento primario serán llevados a cabo por reactores anaeróbicos de flujo ascendente como tratamiento previo a las alternativas con lagunas de estabilización facultativas y filtros biológicos aerados. En el caso de los sistemas de lodos activados no se incluye tratamiento primario.

2.7.4.1 Plantas de Tratamiento

El tratamiento de las aguas residuales incluye todos los caudales de tipo doméstico, comercial / industrial y de infiltración. Dado que los caudales de aguas residuales industriales pueden contener sustancias tóxicas que imposibilitan el tratamiento biológico, se prevee que las mismas sean pre-tratadas antes de ser descargadas al alcantarillado de acuerdo a lo estipulado en la normas de aguas residuales.

Las cargas orgánicas de las aguas afluentes a las plantas de tratamiento están consideradas como provenientes de una población equivalente, que incluye además de la población atendida, la carga industrial producida por las áreas industriales reducida en 80%, considerando que las normas que están en vías de implementarse obligan a las industrias a

adecuar sus efluentes a valores compatibles con los cursos receptores o con el sistema de alcantarillado doméstico.

2.7.4.2 Plantas de Tratamiento para la Alternativa 1

En la Alternativa 1 se contempló una planta de tratamiento para cada área, por lo tanto se tiene en el Area 1 la planta de tratamiento TR-1, localizada en las proximidades del Río Tapia y del Corredor Sur, que recoge las aguas provenientes de las tuberías colectoras TA, del Río Tapia, TO, del río Tocumen y Quebradas Las Mañanitas (LM) y Tagareté (TG) y CA, de la cuenca del Río Cabra.

En el Area 2 se previó un lugar de tratamiento al lado del Río Juan Díaz en las proximidades de Corredor Sur, denominada TR-2. Esta planta recibe las tuberías colectoras de los ríos Naranjal (NA), Juan Díaz JD-1 (en su curso superior), Quebrada Santa Rita (SR), Río Las Lajas (LL), JD-2 (en su curso medio), JD-3 (pequeño tramo del margen izquierdo en el sector de Pedregal), JD-4 (en su curso bajo), JD-5 (sector sur-oriental de la cuenca del Río Juan Díaz), Quebrada Espavé (ES) y Río Palomo (PA), estos últimos afluentes del río Juan Díaz en su margen occidental.

En el Area 3, la planta de tratamiento se ha denominado TR-3 y está ubicada en el área de Boca la Caja y recibe los caudales de todas las tuberías colectoras del área drenada por las cuencas de los ríos Matías Hernández, Río Abajo, Matasnillo, parte del Río Curundú y quebradas Monte Oscuro, La Entrada, Los Puercos, así como las áreas del Casco Viejo, Calidonia, La Cresta y otras que confluyen, ayudados por una serie de estaciones de bombeo proyectadas y existentes a la planta. Esta planta de tratamiento consiste en un acondicionamiento previo con el que se retiran, por medios mecánicos, parte de los sólidos suspendidos y grasas que pueden causar problemas de orden estético en el lugar de disposición. Posteriormente se incluye el bombeo de las aguas servidas hacia el emisario submarino, que permite su disposición en forma conveniente y alejada de la costa.

En el Área 4 se considera una planta de tratamiento denominada TR-4, ubicada entre el Canal de Panamá y la área de Corozal Oeste, único lugar que presenta áreas disponibles compatibles con la finalidad y los requerimientos para el tratamiento de las aguas provenientes de toda el área, que confluyen mediante escurrimiento gravitacional o mediante bombeo.

Para la Área 5 y 6, se consideró una sola planta de tratamiento denominada TR-5, ubicada a lo largo del Canal de Panamá, en las proximidades de las esclusas de Miraflores, en área adonde se encuentra ubicada una planta de tratamiento existente.

2.7.4.3 Plantas de Tratamiento para la Alternativa 2

En la Alternativa 2 se incorporan nuevos lugares de tratamiento que disminuyen los caudales y los requerimientos de capacidad de las plantas mencionadas en la Alternativa 1.

De esta forma se creó en el Area 1 las plantas TR-1A que recibe parte del área drenada por el colector CA, la TR-1B que trata los caudales provenientes de las colectoras TO y TG, la planta TR-1C que recoge los caudales del colector LM de la Quebrada Las Mañanitas, la planta TR-1D, que recibe el colector de la parte inferior del río Tapia (TA-2) y se localiza en la

posición de la TR-1 de la Alternativa 1 y finalmente la planta TR-1E que recibe la parte superior del colector del río Tapia (TA-1).

En el Area 2 se crea la planta de tratamiento TR-2C que capta las aguas servidas de los colectores NA, (Río Naranjal), JD-1, (Juan Díaz, curso superior), LL, (Río Las Lajas sin recibir el caudal del colector SR de la Quebrada Santa Rita). También se crea la Planta TR-2D que trata el caudal proveniente del colector SR de la Quebrada Santa Rita.

En el Área 3 se incluye la planta de tratamiento TR-3A, ubicada en las proximidades de la confluencia de la Quebrada Palomo y del río Matías Hernández y que alivia el caudal de la Planta de Tratamiento TR-3.

En las Áreas 4, 5 y 6 no se incluyen nuevos lugares de tratamiento, permaneciendo las Plantas TR-4 y TR-5, idénticas a la Alternativa 1.

2.7.4.4 Plantas de Tratamiento para la Alternativa 3

En la Alternativa 3 las plantas de tratamiento son las mismas definidas en las alternativas anteriores, pero con características diferentes debido a que los caudales a ser recibidos son diferentes, como se explica a continuación.

En el Área 1 solamente se previeron dos alternativas, por lo tanto, para efectos comparativos, se adopta la de menos costo.

En el área 2, permanecen las plantas TR-2 y TR2-C, esta última recibe, además de las colectoras NA, JD-1 y LL, parte del caudal de la colector de la Quebrada Espavé, al incluirse el caudal mediante bombeo.

En el Área 3 sólo se considera la TR-3, sin embargo el caudal disminuye al no incluirse el área del Casco Viejo, Calidonia, La Cresta, Bella Vista y Bethania, que se conducen hacia el Area 4 (mediante bombeo) y se incluye el caudal del área de la Quebrada Santa Rita, originalmente perteneciente al Área 2.

El Área 4 se incrementa en área y caudal, por lo que la planta de tratamiento TR-4 tiene características radicalmente diferentes. Su caudal aumenta entre 3 y 4 veces.

La TR-5 permanece idéntica a la alternativa 1.

2.7.4.5 Plantas de Tratamiento para la Alternativa 4

En la Alternativa 4, las plantas de tratamiento que varían sus características son la TR-2 en el área 2, que recibe un aumento de caudal considerable al incorporar casi toda el área del río Matías Hernández mediante el bombeo del mismo, mediante la estación de bombeo EB-3B y la TR-3, que disminuye su caudal por el mismo motivo de transferencia de caudales. La TR-4 permanece idéntica a la alternativa 3 y las plantas del Área 1 son independientes.

Para las áreas 5 y 6, la TR-5 permanece idéntica a la alternativa 1.

2.7.4.6 Plantas de Tratamiento para la Alternativa 5

En la alternativa 5, las plantas de tratamiento que varían sus características son la TR-3 en el área 3, que recibe un aumento de caudal al incorporar toda el área del río Curundú (área 4 en las otras alternativas) mediante el bombeo del mismo, a través de la estación de bombeo EB-9 y la TR-5, que disminuye su caudal por el mismo motivo de transferencia de esos caudales.

Para las áreas 1 y 2, las TR-1 y TR-2 son idénticas as de la alternativa 1.

2.7.4.7 Plantas de Tratamiento para la Alternativa 5 – Opción A

De la misma forma que en la Alternativa 4, las plantas de tratamiento que varían sus características en relación a la Alternativa 5, son la TR-2 en el área 2, que recibe un aumento de caudal considerable al incorporar casi toda el área del río Matías Hernández mediante el bombeo del mismo, a través de la estación de bombeo EB-3B y la TR-3, que disminuye su caudal por el mismo motivo de transferencia de caudales.

Para las áreas 1, 5 y 6, las TR-1 y TR-5 permanecen idénticas a la alternativa 1.

2.7.4.8 Plantas de Tratamiento para las Áreas 8, 9, 10 y 11

El tratamiento de las áreas 8, 9 10 y 11, es independiente de las seis alternativas descritas en el Volumen I de este Informe.

En las áreas, 8, 9 y 11, fueron previstas la implantación de una planta de tratamiento en cada área, ubicadas en sitios adecuados en las proximidades de los cauces de los ríos que drenan esas cuencas.

Para el área 10, se aprovechará la planta existente en la Base de Howard, denominada de TR-10 A que recibe el área drenada por el Río Venado, y se crea otra planta, la TR-10 B que tratará las aguas servidas de la cuenca del Río Farfán.

Aclaremos que el área 7 está conformada por las antiguas instalaciones del Fuerte Amador, las Islas Naos, Perico y Flamenco. En esta área se construyen importantes obras contempladas dentro del Proyecto de Desarrollo Turístico del Fuerte Amador, actualmente en proceso de ejecución. El proyecto contempla la instalación de colectoras, estaciones de bombeo y una planta de tratamiento secundaria para tratar todas las aguas servidas dentro del área del desarrollo. A juicio de CESOC, las instalaciones proyectadas dentro del área garantizan la disposición inocua de las aguas residuales del Proyecto de Desarrollo Turístico de Fuerte Amador en las aguas de la Bahía de Panamá y por este motivo no fueron contempladas en nuestro estudio.

El Cuadro N° 2.3 muestra las plantas de tratamiento.

Cuadro N° 2.3 - Población, Caudales y Cargas Contribuyentes as las Plantas de Tratamiento

2.7.5 Criterios para la selección de los métodos de tratamiento

Para la selección de los métodos de tratamiento de las aguas residuales domésticas es necesario tomar en consideración una serie de aspectos que garanticen que una vez construidos los sistemas, éstos cumplan con los objetivos para los cuales fueron diseñados y construidos, especialmente en cuanto a la protección de la salud pública y del ambiente.

Una revisión de la experiencia con sistemas de tratamiento de aguas residuales en Panamá nos permite corroborar que la mayoría de los pocos sistemas en operación están funcionando inadecuadamente, con una eficiencia muy por debajo de la esperada. Por tal motivo, es más importante aún considerar los siguientes criterios para la selección de sistemas de tratamiento de aguas residuales en Panamá: salud pública, molestias a la población, impacto ambiental, posibilidad de reuso, facilidad operativa, costos de construcción y costos de operación y mantenimiento.

- Salud pública

Uno de los principales objetivos de la inversión en sistemas de tratamiento de aguas residuales es la protección de la salud pública, ya que la falta de saneamiento ambiental de una comunidad está directamente relacionada con la tasa de incidencia de enfermedades tales como: gastroenteritis, enfermedad diarreica aguda, amebiasis, cólera y otras. En especial se debe considerar la garantía de un nivel de microorganismos patógenos que no represente un riesgo a la salud humana.

Debido a la estrecha relación entre la falta de tratamiento de las aguas residuales domésticas, el grado de contaminación de los ríos y playas y la salud de la población, se incluye en este estudio un análisis de las condiciones de salud de la población del área de estudio, en base a los registros epidemiológicos de las instituciones de salud.

- Molestias a la población

Además de los aspectos directamente relacionados con la salud de la población, existen otros aspectos también relacionados con la calidad de vida, como los son la presencia de problemas estéticos como malos olores, apariencia desagradable del paisaje, ruidos y proliferación de insectos y otros vectores de enfermedades. El método de tratamiento seleccionado debe estar libre de ruido, malos olores o insectos que puedan causar molestias a la población próxima a las instalaciones de tratamiento.

- Impacto ambiental

A medida que crece la población y por lo tanto la producción de desechos tanto sólidos como líquidos, es más agravante el problema de la degradación ambiental, evidenciada por la contaminación de ríos, quebradas y playas. Ya que los efluentes tratados deben ser descargados a cuerpos de agua naturales, ríos o playas en la mayoría de los casos, el tratamiento elegido debe garantizar que el cuerpo receptor del efluente tratado no va a degradarse como consecuencia del vertido. Es decir, la carga final en el medio deber ser igual o menor a la capacidad de autodepuración de los ecosistemas receptores. En este estudio se ha considerado la capacidad de asimilación de la carga contaminante mediante el uso de la modelación hidrodinámica y de calidad de agua del software QUAL 2E, son medidos mas adelante en este estudio.

Con las nuevas regulaciones existentes en Panamá sobre los requerimientos de presentación de Estudios de Impacto Ambiental y Planes de Adecuación y Manejo Ambiental que garanticen el mínimo impacto ambiental posible, con la maximización de los impactos positivos, es aún de mayor peso la consideración ambiental al momento de seleccionar no solamente los sistemas de tratamiento que garanticen la protección del ambiente, sino la ubicación más adecuada para que se minimicen otros tipos de impactos tanto durante la construcción como durante la operación.

- **Reutilización**

El agua residual tratada debe ser potencialmente utilizable en actividades como irrigación, acuicultura, recarga de acuíferos, restauración de hábitats y otros. La calidad de agua del efluente apta para cada uno de estos usos debe ser determinada por la autoridad competente. En este caso, el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 24-99 Calidad de Agua y Reutilización de las Aguas Residuales Tratadas, especifica los valores máximos permisibles de compuestos físicos, químicos y bacteriológicos del agua para reutilización en diferentes actividades.

- **Facilidad operativa**

Las necesidades de operación y mantenimiento de las instalaciones de tratamiento de las aguas residuales deben poder satisfacerse por personal disponible a nivel local, evitando en lo posible instalaciones complejas que requieran personal extranjero o largos períodos de entrenamiento del personal. Este aspecto es especialmente importante en Panamá donde muy poca es la experiencia adquirida en operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

- **Costos**

En este aspecto deben considerarse tanto los costos de construcción como los de operación y mantenimiento. Dentro de los costos de construcción se debe considerar el costo de la adquisición de los terrenos y de indemnización en el caso de reubicación de pobladores. Es importante considerar que los costos de operación y mantenimiento puedan ser cubiertos por tarifas accesibles a la población de acuerdo a su capacidad y disponibilidad de pago.

Teniendo en cuenta los criterios expuestos arriba, el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante la utilización de lagunas de estabilización constituye uno de los sistemas de mayor conveniencia para países como Panamá, donde los recursos económicos son limitados. Es por esta razón que en las alternativas planteadas se considera en primer lugar el tratamiento mediante el lagunaje, recurriendo a otros sistemas de tratamiento cuando no existe el espacio físico disponible, tal como en áreas con una alta densidad de población, donde se incurriría en altos costos socioeconómicos al tener que reubicar pobladores.

2.7.6 Niveles de Tratamiento

En la mayoría de los países se adopta una aproximación al control de la contaminación del agua de manera flexible, fijando los objetivos de tratamiento de acuerdo con las características de los cursos receptores y conforme a la disponibilidad de recursos para inversiones. En los ítems a continuación, son presentadas las principales exigencias para la emisión de efluentes en Europa y en Brasil.

Niveles de Tratamiento Adoptados en Europa

En Europa, las autoridades del área sanitaria implementaron al inicio de los años noventa, reglamentos más estrictos y con plazos más cortos para las descargas grandes, dejando para pequeñas comunidades, con medios económicos más limitados, más tiempo para lograr las metas de calidad pretendidas.

Los europeos introdujeron tres niveles de exigencias para descargas de efluentes en los cursos receptores, los cuales pueden evolucionar con el tiempo. Cada estado miembro debe identificar las áreas en las cuales los niveles deben aplicarse y re-evaluar su elección a intervalos regulares. A título de ilustración, en el Cuadro N° 2.4 se muestran los tres niveles de calidad de agua escogidos por las autoridades europeas y los principales objetivos de tratamiento.

Cuadro N° 2.4 - Niveles de Exigencias para descargas en los Cursos Receptores en Europa

Curso de Agua Receptor	DBO	SST	Nitrógeno N total	Fósforo P total	Plazo (según tamaño de la población – año)
No sensible	20 % (1)	50 % (1)	-	-	> 15.000 – 2000
					< 10.000 – 2005
Normal	80 % (1)	90 % (1)	-	-	> 15.000 – 2000
					< 10.000 – 2005
Sensible	35 mg/l (2)	35 mg/l (2)	10 mg/l (2)	1 mg/l (2)	> 100.000 – 1998
			20 mg/l (2)	2 mg/l (2)	< 10.000 – 2005

(1) *Porcentaje Mínimo de Remoción*

(2) *Concentración Máxima en el Efluente*

Niveles de Tratamiento Adoptados en Brasil

La legislación en Brasil es subdivida en dos partes, una primera reglamentación establece los límites máximos permitidos para descargas de efluentes en los cursos de agua y una segunda reglamentación en la cual son establecidos los niveles mínimos de calidad, para un determinado cuerpo de agua o sus diferentes trechos, de acuerdo con su uso.

En Brasil, las aguas dulces, salobres y salinas son clasificadas, en nueve clases con distintos niveles de calidad de agua, cambiando de patrones más restrictivos hasta patrones menos exigentes. En el Anexo VI – Regulaciones, se presenta la Resolución CONAMA n° 20, adoptada en Brasil, la cual se recomienda se adoptar y adecuar a las reglamentaciones panameñas.

Como no existe una clasificación de las aguas de los cuerpos receptores, la aplicación de la norma de descargas permitirá que se lancen desechos sanitarios o industriales con niveles de contaminación relativamente altos en aguas que necesitan estar preservadas, pues tienen usos nobles como abastecimiento doméstico o preservación de comunidades acuáticas. Obligaré en estos casos, a efectuar tratamientos rigurosos para después ser descargados en cuerpos que hoy se encuentran degradados, pero que no tienen, ni se prevén hacia el futuro, usos que necesariamente precisen del grado de tratamiento exigido, el que puede tornarse no factible.

Por lo tanto, lo que se propone es dar una clasificación flexible, que con el tiempo se vuelva más rigurosa en plazos prudentes y que sean más rígidos desde el inicio en lugares o trechos donde haya una preocupación especial de preservación.

Se destaca aquí que los niveles de tratamiento adoptados en el predimensionamiento de las plantas de tratamiento, fueron los de sistemas de tratamiento secundarios.

2.7.7 Tecnología Seleccionada para las Áreas 1, 2, 3 y 4

El área en análisis ha sido dividida en varias áreas de drenaje cuyas cargas por cuenca varían desde una población equivalente ($P_{eq.}$) de 11.000 hasta más de 740.000 habitantes. Dos áreas, denominadas Área 3 y Área 4 tienen graves problemas de disponibilidad de terrenos para localización de los sitios de tratamiento.

Para las áreas 1 y 2, para la mayoría de las pequeñas plantas de tratamiento no hay restricciones serias de espacio disponible. Se previeron tres opciones de tecnología de tratamiento para estas áreas, los cuales se describen a continuación, sin embargo debe destacarse que todas las plantas se dimensionaron con estaciones de bombeo y tratamiento preliminar que incluye rejillas para retirada de sólidos gruesos y desarenadores. Los demás parámetros se resumen en el Cuadro N° 2.5.

- Tratamiento anaerobio mediante el uso de reactores anaeróbicos de flujo ascendente (RAFA) seguido de lagunas facultativas, que sería la configuración más simple que no requiere de energía externa ni de equipamientos mecánicos, aparte de un simple bombeo, pero necesita una superficie relativamente grande.
- Aeración prolongada sin tratamiento primario y con estabilización aeróbica de lodos, que es la tecnología de tratamiento más común para plantas pequeñas, con uso de cámaras de oxidación o reactores con secuencia intermitente, que sólo usan aeración superficial simple para tratar aguas servidas y estabilizar el lodo.
- Proceso de lodos activados convencional (tratamiento primario y secundario, espesamiento de lodos y estabilización anaerobia), es la tecnología con más bajo uso de área, pero con considerable uso de equipo mecánico y de energía.

Con excepción de la aeración prolongada, las tecnologías pueden ser implementadas por etapas, por ejemplo, el RAFA puede inicialmente reducir un 70% de la DBO y alcanzar una concentración de SST de 50 mg/l. Si hay suficiente espacio para las plantas más pequeñas, puede agregarse una laguna facultativa, más tarde para remover la DBO remanente, aunque los sólidos presentes en el efluente de la laguna facultativa no pueden garantizarse (sin un tratamiento adicional) a niveles inferiores a 50 mg/l, debido a la eventual proliferación de algas. Para el proceso convencional de lodos activados, puede construirse primero el

tratamiento primario y dejar preparada para el futuro con uso de precipitación química para mejorar la eficiencia y conseguir un abatimiento de 60% de DBO y 80% de SST.

El tratamiento de lodo fue dividido por tamaño, con plantas de tratamiento de hasta $P_{eq.} = 25.000$ habitantes se equiparon con simples lechos de secado, plantas más grandes se consideraron con deshidratadores mecánicos (centrífugas) y lugares de almacenamiento de lodos. La hipótesis considerada para concentraciones de lodos fue de 5% después del espesamiento de lodos y 25% después de la deshidratación.

Cuadro Nº 2.5 - Plantas de Tratamiento para las Áreas 1 y 2 - Parámetros de Diseño

Opción de Tratamiento	Unidad	Parámetro de Diseño	Profundidad (m)	Requerimientos de Energía	Producción de Lodos (kg. TSS/kg. DBO)
Opción A RAFA + Lagunas Facultativas	RAFA	TRH = 8.5 h	6.0	-	0,2
	Lagunas	250 kg. DBO/ha.d	2.0	-	
	Lechos de Secado	15 kg. SST/m ²	0.8	-	
Opción B Aeración Prolongada	Tanque de Aeración	0,3 kg. DBO/m ³ .d	4.0	2 kWh/kg. DBO	0,3
	Clarificador Secundario	144 kg SST/m ² .d	3.5	-	
	Densificador de Lodo	32 kg SST/m ² .d	3.5	-	
Opción C Lodos Activados Convencional	Clarificador Primario	60 m ³ /m ² .d	3.5	-	0,8
	Tanque de Aeración	0,6 kg DBO/m ³ .d	4.0	1 kWh/kg DBO	
	Clarificador Secundario	144 kg SST/m ² .d	3.5	-	
	Densificador de Lodo	40 kg SST/m ² .d	3.5	-	
	Digestor Anaeróbico	TRH = 45 días	6.0	-	

En el Área 3 el lugar de confluencia de los caudales a ser tratados se ubica en una área urbanizada próxima a la costa con reducido espacio disponible. De esta forma, la principal opción de tratamiento la constituye la construcción de un sistema de pre-tratamiento o acondicionamiento seguido de disposición oceánica mediante un emisario submarino, en el cual se pueden sugerir varias opciones de tratamiento dependiendo de la dilución del efluente en el punto de difusión al extremo del emisario. Con tratamiento más avanzado, se podría construir, en teoría, un emisario más corto en función de ser necesaria una menor dilución. Las características principales se muestran en el Cuadro N° 2.6 y las opciones de tratamiento previstas son las siguientes:

- El tratamiento físico, diseñado para remover sólo las partículas grandes que pueden producir problemas estéticos en la superficie marina, contendrían rejillas grandes para remoción de sólidos gruesos, desarenadores y tamices finos con tambores rotativos. Instalaciones similares operan actualmente en gran escala en Salvador (Bahía, Brasil) para un emisario submarino y en São Paulo (Brasil) como tratamiento previo a una planta de tratamiento biológico convencional.
- El tratamiento químico con sedimentador de alta tasa, que remueve hasta un 80% de los sólidos suspendidos y más de 60% de la DBO, con coagulación con ayuda de productos químicos tales como cloruro férrico (FeCl_3) o sulfato de aluminio (AlSO_4). Esta tecnología se usa en gran escala en Marsella (Francia) y en San Diego (CA, USA), para tratamiento previo antes de la disposición submarina. A causa de las dificultades de espacio, se escogió un sistema de decantación de muy alta tasa en el diseño preliminar, usando reciclaje de sólidos, para lograr un tasa superficial alta y ocupar un área pequeña. Esta tecnología ha sido vastamente usada en plantas de tratamiento en París, Colombes y Acheres (Francia).
- Los filtros biológicos aerados, que pueden alcanzar una calidad de tratamiento secundario con concentraciones mejores que 20 mg/l para DBO y SS totales. Tecnologías similares han sido implementadas en gran escala en Sherbrooke (Canadá), Manchester (Inglaterra), Roma (Italia) y Colombes (Francia).

Cuadro N° 2.6 - Plantas de Tratamiento para la Área 3 - Parámetros de Diseño

Opción de Tratamiento	Unidad	Parámetro de Diseño	Profundidad (m)	Requerimientos de Energía	Producción de Lodos (kg. TSS/kg. DBO)
Opción D Tamices + Emisario Submarino	Tamices	500 l/s.un	-	4 kW/un	70 l/1000 l (1)
	Emisario Submarino	Evaluado separadamente en cada Alternativa			
Opción E Tamices + Físico – Químico + Emisario	Tamices	500 l/s.un	-	4 kW/un	70 l/1000 l (1)

Opción de Tratamiento	Unidad	Parámetro de Diseño	Profundidad (m)	Requerimientos de Energía	Producción de Lodos (kg. TSS/kg. DBO)
	Floculador	TDH = 10 min.	3.8	0.05 kWh/l/s	0.8
	Decantador Lamelar	100 m ³ /m ² .h	4.0	-	
	Densificador	25 kgSST/m ² .d	3.5	-	
	Productos Químicos	50 g FeCl ₃ /m ³	-	-	-
	Emisario	Evaluado separadamente en cada Alternativa			
Opción F Tamices + Físico – Químico + Biofiltro + Emisario	Tamices	500 l/s.un	-	4 kW/un	70 l/1000 l (1)
	Floculador	TDH = 10 min.	3.8	0.05 kWh/l/s	0.8
	Decantador Lamelar	100 m ³ /m ² .h	4.0	-	
	Filtro Biológico	3 kg DBO/m ³ .d	4.0	0.5 kWh/kg. DBO	
	Densificador	25 kgSST/m ² .d	3.5	-	
	Productos Químicos	50 g FeCl ₃ /m ³	-	-	-
	Emisario	Evaluado separadamente en cada Alternativa			

(1) Volumen de material tamizado por volumen de aguas servidas

El Área 4 tiene su lugar de tratamiento situado entre el Canal y Corozal Oeste, limitando las posibilidades de ocupar un gran espacio con métodos de tratamiento naturales. Después de un pre-tratamiento con rejillas y remoción de arena, se evaluaron dos tecnologías de tratamiento parcial, que se pueden combinar con dos procesos de pulido biológico, cuyas características principales se muestran en el Cuadro N° 2.7.

- El reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA), que permite remover alrededor de 70% de DBO y obtener un efluente con calidad de 50 mg/l de SST. El más grande reactor de este tipo está operando en Curitiba (Paraná-Brasil) usando 24 unidades de 400 m² de tamaño unitario.

- Decantador físico-químico con separadores laminares que alcanzan una remoción de 80 % de sólidos suspendidos y de 60 % de DBO por medio de precipitación con de uso de productos químicos de sedimentación
- Filtros Biológicos Aerados, que pueden alcanzar una calidad de tratamiento secundario con concentraciones mejores que 20 mg/l de DBO y SST.
- Tratamiento de lodos activados para tratamiento secundario con concentraciones del efluente inferiores a 20 mg/l para DBO y SST.

Cuadro N° 2.7 - Plantas de Tratamiento para la Área 4 - Parámetros de Diseño

Opción de Tratamiento	Unidad	Parámetro de Diseño	Profundidad (m)	Requerimientos de Energía	Producción de Lodos (kg. TSS/kg. DBO)
Opción G RAFA + Filtros Biológicos	RAFA	TRH = 8.0 h	5.0	-	0.4
	Filtro Biológico	1,5 kg. DBO/ m ³ .d	4.0	0.5 kw/h/kg. DB0	
	Densificador	40 kgSST/m ² .d	3.5	-	
Opción H Físico – Químico + Lodos Activados	Floculador	TDH = 10 min.	3.5	0.05 kw/h/l/s	1.0
	Decantador Lamelar	60 m ³ /m ² .h	4.0	-	
	Tanque de Aeración	0,3 kg. DBO/m ³ .d	4.0	1 kw/h/kg. DBO	
	Clarificador Secundario	144 kg. SST/m ² .d	3.5	-	
	Densificador de Lodo	25 kg. SST/m ² .d	3.5	-	
	Digestor Anaeróbico	TRH = 45 días	6.0	-	

El Cuadro N° 2.8 muestra las dimensiones principales definidas para las unidades tratamiento de cada una de las plantas de las diversas áreas y alternativas estudiadas, y también, de las diversas opciones de proceso consideradas.

Cuadro N° 2.8 - Dimensiones de las Unidades de Tratamiento

2.7.7.1 Tecnología Adoptada para las Areas 5, 6, 8, 9, 10 y 11

Para las áreas 5, 6, 8, 9, 10 (parcial) y 11, la mayoría de las plantas de tratamiento son pequeñas y no hay restricciones de espacio disponible. De esta forma, fue adoptado tratamiento anaerobio (RAFA) seguido de lagunas facultativas, que es la configuración más simple.

En el caso de la parte de la Área 10, que drena a cuenca del Río Venado y que ya presenta una planta de tratamiento existente a través de un proceso de lodos activados modificado - sin decantación primaria, se mantuvo el mismo proceso para la ampliación de la planta de tratamiento denominada TR-10A.

Los parámetros de diseño para el proceso de tratamiento por Lodos Activados – Sin Decantación Primaria se resumen a continuación en el Cuadro N° 2.9.

Cuadro N° 2.9 - Plantas de Tratamiento para la Ampliación de la TR-10A - Parámetros de Diseño

Opción de Tratamiento	Unidad	Parámetro de Diseño	Profundidad (m)	Requerimientos de Energía	Producción de Lodos (kg. TSS/kg. DBO)
Opción I Lodos Activados (Sin Decantación Primaria)	Tanque de Aeración	0,3 kg. DBO/m ³ .d	4.0	2 kw/h/kg. DBO	0,65
	Clarificador Secundario	144 kg. SST/m ² .d	3.5	-	
	Digestor Aeróbico	247 kg. SSV/d	3.0	2.5 kw/h/kg. DBO	
	Lechos de Secado	15 kg SST/m ²	0.8	-	

El Cuadro N° 2.10. muestra las dimensiones principales definidas para las unidades de tratamiento de cada una de las plantas de las áreas 5, 6, 8, 9, 10 y 11, según las opciones de proceso adoptadas.

Las diversas opciones de proceso de tratamiento se muestran esquemáticamente en las Figuras 2.2 a 2.10, que presentan el Diagrama de Flujo del Proceso considerado.

Cuadro N° 2.10 - Dimensiones de las Unidades de Tratamiento para las áreas 5, 6, 8, 9, 10 y 11.

Figura 2.2 – Diagrama de Flujo del Proceso – Opcion A

Figura 2.3 – Diagrama de Flujo del Proceso – Opcion B

Figura 2.4 – Diagrama de Flujo del Proceso – Opcion C

Figura 2.5 – Diagrama de Flujo del Proceso – Opcion D

Figura 2.6 – Diagrama de Flujo del Proceso – Opcion E

Figura 2.7 – Diagrama de Flujo del Proceso – Opcion F

Figura 2.8 – Diagrama de Flujo del Proceso – Opcion G

Figura 2.9 – Diagrama de Flujo del Proceso – Opcion H

Figura 2.10 – Diagrama de Flujo del Proceso – Opcion I

En los Cuadros N° 2.11 a 2.15 se presenta una descripción de cada una de las alternativas clasificadas por las áreas de drenaje sanitarias previamente definidas por el Consorcio. Se incluyen los procesos de tratamiento por alternativa, además del área de terreno requerida para las instalaciones y la ubicación geográfica propuesta.

Cada uno de los sitios de tratamiento propuestos, así como los sitios de instalación de las colectoras sanitarias, fue visitado por un equipo conjunto que incluyó tanto los ingenieros diseñadores del consorcio como los consultores ambientales. En base a las evaluaciones de campo, y con el fin de disminuir los potenciales impactos ambientales negativos, las ubicaciones originalmente propuestas para las plantas de tratamiento TR-1 y TR-2, que afectaban a los manglares de Juan Díaz, fueron modificadas con el fin de no producir impactos negativos sobre tales ecosistemas frágiles.

Los sitios de ubicación de las plantas de tratamiento propuestas para cada una de las alternativas se encuentran en las fotos 2.1 a 2.14 al final de este capítulo.

Como se puede observar en los Cuadros, el método de tratamiento más común en todas las alternativas es el lagunaje. Las lagunas de estabilización facultativas representan múltiples ventajas entre las que se incluyen su bajo costo de operación, nulo consumo de energía, elevada estabilización de la materia orgánica, flexibilidad de tratamiento de puntas de carga y caudal y mayor remoción de microorganismos patógenos que otros sistemas de tratamiento.

Cuadro N° 2.11 - Descripción de los procesos de tratamiento de la Alternativa 1

Area	Proceso de Tratamiento	Area de Terreno (hectáreas)	Ubicación
Area 1 TR-1	RAFA + LAGUNA FACULTATIVA + CENTRÍFUGA Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente (RAFA) Lagunas de estabilización facultativas Centrífugas Patio de almacenamiento de lodos	19.80	Aproximadamente a 1.5 km. de la desembocadura del río Tocumen, en terrenos adyacentes al Corredor Sur.
Area 2 TR-2	RAFA + LAGUNA FACULTATIVA + CENTRÍFUGA: Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente (RAFA) Lagunas de estabilización facultativas Centrífugas Patio de almacenamiento de lodos	25.53	Al sur de la Urbanización Ciudad Radial, aprox. a 3 km. de la desembocadura del río Tapia, margen izquierda
Area 3 TR-3	TAMICES + EMISARIO SUBAMARINO Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Tamices Estación de bombeo Emisario Submarino	0.72	Comunidad de Boca La Caja
Area 4 TR - 4	RAFA+FILTRO BIOLÓGICO AERADO Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente (RAFA) Filtros biológicos aerados Densificador de lodos Centrífugas	0.96	Corozal
Areas 5 y 6 TR-5	RAFA + LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN FACULTATIVA Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente (RAFA) Lagunas de estabilización facultativas Lecho de secado de lodos	1.26	Miraflores, misma ubicación de lagunas de estabilización existentes.
Areas 7 a 12	Area 7 a área 12 hay una única solución propuesta, por lo tanto no se considera en el análisis de alternativas.		

Fuente: CESOC

Cuadro N° 2.12 - Descripción de los procesos de tratamiento de la Alternativa 2

Area	Procesos de Tratamiento	Area de Terreno (hectáreas)	Ubicación
Area 1 TR-1A	RAFA + LAGUNA FACULTATIVA + SECADO DE LODOS Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente (RAFA) Lagunas de estabilización facultativas Lecho de secado de lodos	2.30	Parte media de la cuenca del río Cabuya, al noreste del aeropuerto de Tocumen
TR- 1B	RAFA + LAGUNA FACULTATIVA + SECADO DE LODOS Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente (RAFA) Lagunas de estabilización facultativas Lecho de secado de lodos	4.06	Inmediatamente aguas abajo del puente sobre el río Tocumen en la entrada al aeropuerto de Tocumen.
TR-1C	RAFA + LAGUNA FACULTATIVA + SECADO DE LODOS Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente (RAFA) Lagunas de estabilización facultativas Lecho de secado de lodos	4.80	Terrenos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Panamá, cerca al Aeropuerto de Tocumen
TR -1D	RAFA + LAGUNA FACULTATIVA + CENTRÍFUGA Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente (RAFA) Lagunas de estabilización facultativas Centrífugas Patio de almacenamiento de lodos	10.26	Cerca de la desembocadura del río Juan Díaz, en área de pastizal adyacente y al sur del Corredor Sur
TR-1E	LODOS ACTIVADOS –AERACIÓN PROLONGADA Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Tanques de aeración (lodos activados) Sedimentador secundario Densificador de lodos Centrífuga	0.54	Aguas arriba del puente sobre el río Tapia en la Avenida José María Torrijos, detrás de las instalaciones de la Compañía Panameña de Aceites

Area	Procesos de Tratamiento	Area de Terreno (hectáreas)	Ubicación
Area 2 TR-2	RAFA + LAGUNA FACULTATIVA + CENTRÍFUGA Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente (RAFA) Lagunas de Estabilización Facultativas Centrífuga Patio de almacenamiento de lodos	19.14	Igual que TR-2, Alternativa 1
TR-2C	LODO ACTIVADO CON AERACIÓN PROLONGADA Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Tanques de aeración (lodos activados) Sedimentador secundario Densificador de lodos Centrífuga	0.84	Cerca de la confluencia de los ríos Naranjal y Juan Díaz
TR-2D	LODO ACTIVADO CON AERACIÓN PROLONGADA Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Tanques de aeración (lodos activados) Sedimentador secundario Densificador de lodos Centrífuga	0.44	Aguas debajo de la confluencia del río Las Lajas con la quebrada Santa Rita.
Area 3 TR-3	TAMICES + EMISARIO SUBMARINO Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Tamices Estación de bombeo Emisario submarino	0.72	Comunidad de Boca La Caja
TR-3A	LODOS ACTIVADOS-AERACIÓN PROLONGADA Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Tanques de aeración (lodos activados) Sedimentador secundario Densificador de lodos Centrífuga	1.19	Cerca de la confluencia de la quebrada Palomo con el río Matías Hernández, Urbanización La Pulida
Area 4 TR - 4	RAFA+FILTRO BIOLÓGICO AERADO Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente (RAFA) Filtros biológicos aerados Densificador de lodos Centrífugas	0.96	Corozal

Area	Procesos de Tratamiento	Area de Terreno (hectáreas)	Ubicación
Areas 5 Y 6 TR-5	RAFA + LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN FACULTATIVA Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente (RAFA) Lagunas de estabilización facultativas Lecho de secado de lodos	1.26	Miraflores, misma ubicación de lagunas de estabilización existentes.
Areas 7 @ 12	Igual a Alternativa 1		

Fuente: CESOC

Cuadro N° 2.13 - Descripción de los procesos de tratamiento de la Alternativa 3

Area	Sistemas de Tratamiento	Area de Terreno (hectáreas)	Ubicación
Area 1 TR – 1	IGUAL A ALTERNATIVA 1		
Area 2 TR – 2	IGUAL A ALTERNATIVA 2		
TR – 2C	IGUAL A ALTERNATIVA 2		
Area 3 TR-3	IGUAL A ALTERNATIVA 2		
Area 4 TR-4	RAFA + FILTRO BIOLÓGICO AERADO Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente (RAFA) Filtros biológicos aerados Densificador de lodos Centrífugas	2.56	Corozal

Area	Sistemas de Tratamiento	Area de Terreno (hectáreas)	Ubicación
Areas 5 Y 6 TR-5	RAFA + LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN FACULTATIVA Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente (RAFA) Lagunas de estabilización facultativas Lecho de secado de lodos	1.26	Miraflores, misma ubicación de lagunas de estabilización existentes.
Areas 7 @ 12	Igual a alternativa 1		

Fuente: CESOC

Cuadro N° 2.14 - Descripción de los procesos de tratamiento de la Alternativa 4

Area	Sistemas de Tratamiento	Area de Terreno (hectáreas)	Ubicación
AREA 1 TR-1	IGUAL A ALTERNATIVA 1		
AREA 2 TR-2	RAFA + LAGUNA FACULTATIVA + CENTRÍFUGA Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente (RAFA) Lagunas de Estabilización Facultativas Centrífuga Patio de almacenamiento de lodos	50.09	Al sur de la Urbanización Ciudad Radial, aprox. a 3 km. de la desembocadura del río Tapia, margen izquierda
AREA 3 TR-3	TAMICES + EMISARIO SUBMARINO Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Tamices Estación de bombeo Emisario submarino	0.72	Comunidad de Boca La Caja
AREA 4 TR-4	RAFA + FILTRO BIOLÓGICO AERADO Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente (RAFA) Filtros biológicos aerados Densificador de lodos Centrífugas	2.56	Corozal
AREAS 5 Y 6 TR-5	RAFA + LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN FACULTATIVA Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente (RAFA) Lagunas de estabilización facultativas Lecho de secado de lodos	1.26	Miraflores
AREAS 7 a 12	Igual a alternativa 1		

Fuente: CESOC

Cuadro N° 2.15 - Descripción de los procesos de tratamiento de la Alternativa 5 y 5A

Area	Proceso de Tratamiento	Area de Terreno (hectáreas)	Ubicación
AREA 1 TR-1	RAFA + LAGUNA FACULTATIVA + CENTRÍFUGA Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente (RAFA) Lagunas de estabilización facultativas Centrífugas Patio de almacenamiento de lodos	19.80	Aproximadamente a 1.5 km. de la desembocadura del río Tocumen, en terrenos adyacentes al Corredor Sur.
AREA 2 TR-2	RAFA + LAGUNA FACULTATIVA + CENTRÍFUGA: Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente (RAFA) Lagunas de estabilización facultativas Centrífugas Patio de almacenamiento de lodos	25.53 – A5 50.09 – A5A	Al sur de la Urbanización Ciudad Radial, aprox. a 3 km. de la desembocadura del río Tapia, margen izquierda
AREA 3 TR-3	TAMICES + EMISARIO SUBMARINO Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Tamices Estación de bombeo Emisario Submarino	0.72	Comunidad de Boca La Caja
AREAS 5 Y 6 TR-5	RAFA + LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN FACULTATIVA Unidades componentes del proceso: Desarenadores circulares Medidor de caudal Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente (RAFA) Lagunas de estabilización facultativas Lecho de secado de lodos	3.10	Miraflores
AREAS 7 a 12	Igual a alternativa 1		

Fuente: CESOC

2.7.8 Tratamiento y Disposición de los Lodos Producidos en las Plantas de Tratamiento

Los sólidos extraídos en las plantas de tratamiento de aguas residuales incluyen: material rejillado, arena, espuma y lodos. El lodo resultante de las operaciones y procesos de tratamiento generalmente en forma líquida o pastosa, contiene del 0.25 al 12 % en peso de sólidos, en función del proceso de tratamiento utilizado.

Los problemas que se presentan al tratar con el lodo son un tanto complejos, en razón de :

- El lodo es constituido por las substancias responsables del carácter desagradable de las aguas servidas crudas;
- El lodo producido por el tratamiento biológico que ha de eliminarse, se compone de la materia orgánica contenida en las aguas servidas, pero en otra forma, que también se descompondrá y se volverá desagradable;
- Sólo una pequeña parte del lodo es materia sólida.

Características Físicas de los Lodos

Las características de los sólidos y del lodo varían según sus orígenes, el envejecimiento que hayan tenido y el tipo de proceso al que hayan sido sometidos. En el Cuadro N° 2.16, a continuación, se presentan algunas características físicas de los sólidos y lodos producidos en plantas de tratamiento de aguas servidas.

Cuadro N° 2.16 - Características Físicas de los Sólidos y Lodos Producidos en los Tratamientos de Aguas Servidas

Sólidos o Lodos	Descripción
Material Rejillado o Tamizado	Los materiales rejillados o tamizados incluyen todos los tipos de materiales orgánicos e inorgánicos suficientemente grandes para ser retenidos en las rejillas. El contenido orgánico cambia en función de la naturaleza del sistema de alcantarillado y de la estación del año.
Arena	Las arenas son generalmente constituidas por sólidos inorgánicos pesados que se depositan con velocidades relativamente altas. Dependiendo de las condiciones de operación, la arena puede también contener significativas cantidades de materia orgánica, en especial grasas y aceites.
Espuma y Grasas	La espuma consiste de materiales flotantes retenidos en la superficie de los decantadores primarios y secundarios. La espuma también incluye grasas, aceites minerales y vegetales, grasas de animales, ceras, jabones, residuos de comida, pieles de frutas y vegetales, cabellos, papel y algodón, cenizas de cigarrillos, materiales plásticos, partículas de arena, etc. El peso específico de la espuma es menor que 1, y generalmente en torno de 0,95.

(continúa)

Cuadro N° 2.16 - Características de los Sólidos y Lodos Producidos en los Tratamientos de Aguas Servidas (continuación)

Sólidos o Lodos	Descripción
Lodo de Decantadores Primarios	Los lodos producidos en decantadores primarios son por el general, de coloración gris y viscoso, y en la mayoría de los casos posee un olor muy desagradable. El lodo primario puede ser digerido fácilmente en condiciones adecuadas de funcionamiento.
Lodos de Precipitación Química	Los lodos procedentes de precipitación química, con sales de metales, son en general de coloración oscura (negra), aunque su superficie pueda ser también roja si contiene mucho hierro. El lodo de precipitación química con cal es de color marrón plomizo. Su olor puede ser algo molesto, pero nunca tanto como el lodo de decantadores primarios. En tanto que este lodo es algo viscoso, su contenido en hidrato de hierro o aluminio le hace gelatinoso. Si se le deja en el decantador, sufre descomposición al igual que el lodo primario, si bien a menor tasa. En función del largo tiempo de retención, cantidades substanciales de gas se desprenden, aumentando su densidad.
Lodos Activados	Lodos activados generalmente tienen un aspecto marrón, floculento. Si su color es muy oscuro, es posible que esté alcanzando condiciones sépticas. Si el color es más claro que el normal, puede haber existido falta de aeración, con tendencia a que los sólidos se depositen lentamente. Mientras el lodo se encuentra en buen estado tiene un olor característico no molesto. Posee una tendencia a volverse séptico muy rápidamente y entonces desprende olor desagradable a putrefacción. Es fácilmente digerible solo o mezclado con lodos primarios.
Filtros Percoladores	Los lodos de filtros percoladores son algo marrón floculento y un olor relativamente poco molesto cuando es reciente. Por lo general, sufre su descomposición más despacio que otros lodos sin digerir, pero cuando contiene muchos gusanos lo hace rápidamente. Se digiere con facilidad.
Lodo Digerido (Aerobio)	El lodo digerido aeróbicamente es de coloración marrón a marrón oscuro y tiene aspecto floculento. No tiene olor ofensivo; es casi siempre parecido al olor del moho. Cuando está bien digerido aeróbicamente es de fácil deshidratación en lechos de secado.
Lodo Digerido (Anaerobio)	El lodo digerido aeróbicamente es de coloración marrón oscuro a negra y contiene una cantidad excepcionalmente grande de gas. Cuando está totalmente digerido, no es perjudicial, siendo su olor relativamente débil y parecido al del alquitrán caliente, goma quemada o lacre. Cuando son vertidos en capas sobre los lechos de secado, los sólidos son arrastrados hacia la superficie por los gases retenidos, dejando una lámina de agua relativamente clara por debajo. El agua desagua rápidamente y permite que los sólidos se depositen lentamente sobre el lecho. Conforme el lodo va secando los gases se escapan, dejando una superficie muy agrietada con un olor que recuerda al del barro de jardín.

(continúa)

Cuadro N° 2.16 - Características de los Sólidos y Lodos Producidos en los Tratamientos de Aguas Servidas (continuación)

Sólidos o Lodos	Descripción
Lodos Sépticos	El lodo de fosas sépticas es negro y, a menos que haya sido bien digerido por un prolongado almacenamiento, su olor es desagradable debido al sulfuro de hidrógeno y a otros gases que se desprenden. Puede secarse en lechos de secado si se extiende en capas finas, pero es muy posible que se desprendan malos olores si no ha sido bien digerido.

Fuente - Metcalf & Eddy, Inc.: Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse, 3^{ed} ed., McGraw-Hill, New York, 1991.

Composición de los Lodos Producidos en los Procesos de Tratamiento Estudiados

En los procesos de tratamiento estudiados, son producidos básicamente dos tipos de lodos :

- Los lodos anaerobios provenientes de los reactores anaerobios de flujo ascendente – RAFA y de los digestores anaerobios en el proceso de lodos activados convencional; y
- Los lodos aerobios resultantes del proceso de aeración prolongada y de los digestores aerobios en el proceso de lodos activados (sin decantación primaria – Opción I).

Solamente para efecto de ilustración, en el Cuadro N° 2.17 a continuación, se muestra la composición de lodos producidos en plantas de tratamiento, ubicadas en el Estado de Paraná en Brasil, donde se utilizan de los mismos procesos antes mencionados, y que muy probablemente serán similares a los futuros lodos a ser generados en las plantas de tratamiento propuestas para Panamá.

Cuadro N° 2.17 - Composición Media de los dos principales tipos de lodo en el Estado de Paraná, expresada en % en relación al peso seco

Lodo	N total	P ₂ O ₅ total	K ₂ O	Ca	Mg	pH	M.O.	C	C/N
Aerobio	4,91	3,70	0,36	1,59	0,60	5,9	69,4	32,1	6
Anaerobio	2,22	0,95	0,34	0,83	0,30	6,1	36,2	20,1	9

Disposición Final

Los sólidos extraídos como lodos del tratamiento son concentrados y estabilizados con medios biológicos y son reducidos de volumen como preparativo para su disposición final.

Los métodos más corrientes de disposición son de evacuación al terreno, entre ellos se destacan :

- **Uso agrícola :** En general los lodos producidos en el tratamiento de aguas residuales tiene un gran interés agrícola en función de su contenido en nutrientes minerales, principalmente nitrógeno, fósforo y micronutrientes, en especial por su tenor en materia orgánica, cuyo efecto en el suelo se hace percibir a largo plazo, mejorando su resistencia a erosión y a estiaje, activando la vida microbiológica del suelo y muy posiblemente aumentando la resistencia de los vegetales a las plagas.
- **Lagunaje :** El lagunaje del lodo es otro método común de disposición porque es sencillo y económico que puede ser utilizado si la planta de tratamiento se encuentra en un lugar alejado. Una laguna es un estanque de tierra en el que se deposita el lodo sin tratar o digerido. Las lagunas de lodos crudos estabilizan los sólidos orgánicos por descomposición anaerobia y aerobia, lo que puede dar lugar a olores desagradables. Los sólidos estabilizados se sedimentan en el fondo de la laguna, donde se acumulan. El líquido sobrenadante de la laguna, si hubiese alguno, se devuelve a la planta para su tratamiento.
- **Disposición en relleno sanitario :** Un vertedero controlado puede utilizarse para la disposición de lodo, grasa, arena y otros sólidos, tanto si están estabilizados o no. La deshidratación de los lodos es necesaria tanto para reducir el volumen a ser transportado y controlar la generación de percolación en el vertedero. Este método es muy aconsejable si al mismo tiempo se utiliza para la eliminación de basura y otros residuos sólidos de la ciudad. En un relleno sanitario los residuos se depositan en una zona prefijada, se compactan *in situ* y se cubren con una capa de tierra limpia. Cubriendo cada día los nuevos residuos que se van depositando se mejoran las condiciones causantes de molestias (tales como olores y moscas).

Disposición Final Prevista en el Predimensionamiento y Costos de las Obras

En los estudios elaborados la disposición final para los lodos producidos, fue previsto la evacuación de ellos, después de la estabilización y deshidratación, en el relleno sanitario de la Ciudad de Panamá, que es el Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Ese método de disposición fue el adoptado por ser el más adecuado al inicio de la operación de las plantas de tratamiento, una vez que para la adopción del otro método muy utilizado, aplicación agrícola de los lodos, deberán ser desarrollados estudios específicos de caracterización de los lodos generados, para que los mismos sean utilizados con toda la seguridad requerida.

Microorganismos Patógenos del Lodo

La eliminación de los microorganismos patógenos de las aguas residuales es uno de los objetivos básicos de un sistema de tratamiento. Aun así esa eliminación no es completa y muchos microorganismos y agentes patógenos quedan adsorbidos a partículas sólidas de las aguas residuales y se precipitan durante la fase de decantación, concentrándose en el lodo.

Las aguas residuales urbanas pueden contener bacterias, virus, hongos, protozoos y helmintos. La concentración de esos organismos en las aguas residuales es un reflejo directo del perfil de la salud de la población contribuyente al sistema. Aun en los países desarrollados (cuya población es más saludable) son producidos lodos que contienen

microorganismos patógenos, lo que no impide que esos países utilicen el lodo en la agricultura de forma segura hace muchas décadas.

Una vez presentes en el lodo esos microorganismos tienen comportamiento distintos. De modo general, las bacterias intestinales cuando están presentes en el lodo o en el lodo incorporado al suelo, tienden a desaparecer, pues estarán en un medio poco adecuado a su supervivencia.

Mientras que los parásitos (helmintos y protozoos) enquistados y sus huevos son más resistentes. El Cuadro N° 2.18 muestra el tiempo de supervivencia medio de los principales microorganismos patógenos del lodo en el suelo y en las plantas.

Cuadro N° 2.18 - Tiempo de Supervivencia de los Grupos de Patógenos del Lodo en el Suelo y Plantas

Patógeno	Suelo		Plantas	
	Máximo Absoluto	Máximo Común	Máximo Absoluto	Máximo Común
Bacterias	1 año	2 meses	6 meses	1 mes
Virus	6 meses	3 meses	2 meses	1 mes
Protozoos	10 días	2 días	5 días	2 días

Fuente : Koval, EPA/600 1-85/015

Procesos de Higienización del Lodo

Los principales procesos para la higienización del lodo son : la adición de cal y el compostaje.

- Adición de cal

Es un tratamiento químico donde es incrementado cal al lodo, subiendo su pH a niveles ligeramente arriba de 12, lo que desactiva o destruye la mayor parte de los patógenos presentes en el lodo. En el Cuadro N° 2.19 se presenta la concentración de patógenos en el lodo aerobio después de adición de cal en la proporción de 50 % en relación al peso seco del lodo.

Como se observa en el Cuadro N° 2.19 el tratamiento con cal es bastante eficiente, eliminando completamente la mayoría de los microorganismos monitoreados.

El tratamiento con la cal también actúa en la estabilización química del lodo reduciendo mucho el problema de olores. En los experimentos de campo, el lodo con cal siempre presenta olor aceptable y mucho más bajo que los otros residuos de origen animal.

Cuadro N° 2.19 - Concentración media (17 muestras) de patógenos (por 100 gramas de peso seco del lodo) en el lodo crudo y en el lodo tratado – Lodo Aerobio

- Compostaje

El compostaje es un proceso de tratamiento biológico donde una mezcla inicial de residuos sufre la acción de muchos grupos de microorganismos. Durante el proceso de biodegradación de la materia orgánica, la temperatura sube naturalmente llegando a 60-65 °C en los primeros días del proceso. Esa elevación de temperatura es responsable por la eliminación o reducción de los microorganismos patógenos presentes en el lodo.

En el proceso de compostaje el lodo debe ser mezclado con un residuo estructurante rico en carbono (paja, residuos de podas de árboles triturado, orujo de caña, polvo de madera serrada, etc.). Cuando se realiza al aire libre, la mezcla debe ser bien homogeneizada y dispuesta en pequeñas pilas.

El residuo estructurante, siendo rico en carbono y pobre en nitrógeno, equilibra la relación C/N de la mezcla, que debe situarse entre 20 y 30 para que el proceso de compostaje se desarrolle en buenas condiciones. Siendo un proceso biológico, su éxito depende del control de algunos parámetros físicos-químicos básicos: aeración; relación carbono / nitrógeno; humedad, pH; granulometría y estructura.

2.7.9 Desinfección de los efluentes tratados

Entre los medios más utilizados para la desinfección de los efluentes tratados, están los agentes químicos y/o físicos.

2.7.9.1 Agentes químicos

Además de otros factores, es muy importante que el desinfectante sea seguro en manejo y aplicación y que su resistencia o concentración en las aguas tratadas sea mensurable, de modo que pueda determinarse la presencia de una cantidad residual.

Los agentes químicos utilizados como desinfectantes son : fenol y compuestos fenólicos; alcoholes; yodo; cloro y sus compuestos; bromo; ozono; metales pesados y compuestos afines; colorantes; jabones y detergentes sintéticos; compuestos amoniacales cuaternarios; agua oxigenada y diversos álcalis y ácidos.

Los desinfectantes más corrientes son los productos químicos oxidantes, de los cuales el cloro es el más universalmente utilizado. El ozono es un desinfectante muy eficaz, aunque no deja ozono residual y recientes avances en la tecnología de generación han hecho crecer la utilización del ozono.

El gran problema para utilización del ozono, es que necesita ser generado en el propio sitio del tratamiento, una vez que él es químicamente inestable, descomponiéndose rápidamente en oxígeno después de su generación. Ese hecho asociado a la necesidad de tener una fábrica de oxígeno y al gran consumo de energía eléctrica (la producción de ozono se hace a través de descargas eléctricas de alto voltaje), torna esa tecnología, aún, económicamente no viable en países en desarrollo.

2.7.9.2 Agentes físicos

Los desinfectantes físicos más utilizados son la luz y el calor. El agua caliente a la temperatura de ebullición, destruye las principales bacterias causantes de enfermedades. El calor frecuentemente utilizado en las industrias lácteas y de bebidas, debido a su elevado coste, no es factible de aplicación en grandes cantidades.

La luz solar es un buen desinfectante. En especial, puede usarse la radiación ultravioleta. La eficacia de este proceso depende de la penetración de los rayos en el agua, ya que la materia suspendida, las moléculas orgánicas disueltas y la misma agua, absorberán la radiación además de los microorganismos. De esa forma, la radiación ultravioleta no es un desinfectante eficiente en efluentes de plantas de tratamiento con concentraciones de sólidos suspendidos arriba de 10 mg/l.

Por lo tanto, creemos que para alcanzar los límites máximos permitidos en la legislación, en relación a los Coliformes Fecales, hay la necesidad de efectuar la desinfección de los efluentes tratados con cloro gaseoso, que es la metodología económicamente más viable para empleo en Panamá.

2.7.9.3 Cloración

Dosis

El rango de dosificación para las varias aplicaciones con cloro, son presentadas en el Cuadro Nº 2.20, a continuación. La gran variación de dosis depende de las características de las aguas residuales. Por lo tanto hay necesidad de determinar la dosificación óptima de cloro a través de análisis laboratoriales.

Cuadro Nº 2.20 - Dosis Típicas de Aplicación de Cloro para Disposición de Aguas Residuales

Aplicación	Rango de Dosificación (mg/l)
Aguas Residuales Crudas (Précloración)	6 – 25
Efluente de Tratamiento Primario	5 – 20
Efluente de Tratamiento por Precipitación Química	2 – 6
Efluente de Tratamiento por Filtros Percoladores	3 – 15
Efluentes de Tratamiento por Lodos Activados	2 - 8

Fuente: Metcalf & Eddy, Inc.: *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse*, 3rd ed., McGraw-Hill, New York, 1991.

Compuestos Residuales del Cloro

A pesar de que la cloración es el medio más comúnmente utilizado para la destrucción de microorganismos patógenos, ciertos compuestos orgánicos de las aguas residuales interfieren en el proceso de cloración. Muchos de estos compuestos orgánicos (amonía)

reaccionan con el cloro y forman compuestos que pueden tener efectos adversos en las aguas donde se descargarán los efluentes, como por ejemplo, las Cloraminas (NH_2Cl) y Dicloraminas (NHCl_2).

Con fines de minimizar los efectos de esas sustancias, proponemos que en la próxima fase de los trabajos, se profundice la necesidad de aplicar decloración de los efluentes clorados con anhídrido sulfuroso (SO_2), el cual reacciona con las cloraminas liberando cloro libre.

En la Figura 2.11, a continuación, se presenta un diagrama de flujo de los procesos de cloración y decloración, que podrán ser utilizados para la desinfección de los efluentes tratados en Panamá.

Se destaca que los costos de la desinfección no fueron computados en el análisis de alternativas porque los mismos son, en términos generales, independientes de la alternativa estudiada.

Figura 2.11 – Diagrama de Flujo del Proceso para la Cloracion y Decloracion

2.7.10 Disposición submarina

2.7.10.1 Emisario Submarino

La disposición marina de las aguas residuales a través de emisarios submarinos ha sido analizada en la forma prevista en la propuesta técnica, es decir, con descargas ubicadas en Boca la Caja, en Juan Díaz y en la Isla Flamenco.

El lugar previsto en Boca la Caja es una consecuencia de la geometría actual de la red principal de colectoras existentes que converge hacia este punto, aun cuando para ello se hace necesario la instalación de varias estaciones de bombeo, como la ubicada en las inmediaciones de la desembocadura del Río Matasnillo, para elevar las aguas provenientes de la colectora a ser construida en la Av. Balboa, y en las proximidades de la estatua de Morelos para elevar los caudales provenientes de las cuencas de los Ríos Matías Hernández, Río Abajo y Quebrada La Entrada. También es necesario recuperar la estación de bombeo de Vía Brasil y construir colectores e interceptores que complementen el sistema existente. Concuera también con las recomendaciones del Estudio de Factibilidad para el Sistema de Tratamiento de Aguas Negras para la Ciudad de Panamá, elaborado en 1976 por el consorcio Tecnipan-Hansen & Sawyer.

La descarga en la Isla Flamenco, que se vislumbraba como una solución adecuada para la disposición de los caudales de aguas servidas del área occidental de la ciudad, debió ser descartada por motivos de la imposibilidad de construcción de un emisario en una zona destinada al estacionamiento de navíos a la espera de entrar al Canal de Panamá y por la existencia de instalaciones de un cable submarino intercontinental. Esta dificultad fue corroborada por las autoridades del Canal mediante expresa nota de rechazo a la idea de instalar un emisario en el lugar. Por otro lado, el área de Amador, incluyendo las islas de otro lado del Cause Way, está siendo objeto de una reforma general para abrigar un complejo turístico, en el cual se incluye un sistema completo de infraestructura, con sistemas de drenaje pluvial y sanitario y con tratamiento de los efluentes sanitarios. Esto provocó la decisión de dejar toda el área de Amador - Área 7 - como un sistema aislado del resto de las soluciones propuestas para la ciudad de Panamá, como si fuera existente.

El emisario submarino previsto para las inmediaciones de la desembocadura del río Juan Díaz, se ha considerado como una alternativa de tratamiento, en comparación con un tratamiento secundario que vierta sus efluentes en el último tramo de río Juan Díaz, tratamiento que incluye el uso de lagunas de estabilización, debido a la disponibilidad de espacios de bajo costo. La idea continuó como posibilidad de incorporar el emisario en una segunda etapa, a efectos de no concentrar las inversiones, invariablemente altas, de dos emisarios submarinos. Sin embargo, la comparación de costos muestra claramente que es más económico implantar un tratamiento de bajo costo, por lo que esta posible solución fue también descartada.

Los estudios oceanográficos realizados en las áreas de influencia de los posibles emisarios submarinos de Boca la Caja y Juan Díaz indican la viabilidad del empleo de este tipo de tratamiento como solución para el problema de contaminación por descargas del sistema de alcantarillado del área metropolitana de la Ciudad de Panamá. Cualquiera de los dos emisarios submarinos tendría una longitud de 6.500 m, más la extensión variable del difusor,

en función del caudal máximo de cada alternativa. El difusor de ambos se ubicaría en una región relativamente próxima, lo que confirma que la campaña de colecta de informaciones destinadas al dimensionamiento de los emisario no necesitó extenderse hacia el este.

Las alternativas planteadas definen diferentes caudales para cada una de ellas. En la Alternativa 1, donde se concentran todos los caudales de las cuencas de los ríos Matías Hernández, Río Abajo, Matasnillo, gran parte del Río Curundú y las quebradas La Entrada, Los Puercos y toda el área del Casco Viejo, Calidonia, Bellavista, La Cresta etc., se obtiene un caudal máximo de $5,13 \text{ m}^3/\text{s}$, por lo que se hace necesaria la instalación de un emisario de diámetro 1,50 m si se considera tubería plástica de Polietileno de Alta Densidad (PEAD o HDPE).

En el caso de considerar tubería de concreto, el diámetro equivalente sería aproximadamente 1,65 m, debido a la mayor rugosidad del mismo, para iguales condiciones de bombeo. El difusor de este emisario tendría una longitud de 600 m, con 100 orificios de 0,12 m de diámetro. Observar los caudales mostrados en la Cuadro N° N° 1.19, para cada una de las plantas de tratamiento propuestas.

En la Alternativa 2 se disminuye el caudal del área al incluirse una planta de tratamiento (TR-3A) que disminuye el caudal proveniente de la parte superior del Río Matías Hernández y de la Quebrada Palomo. El caudal máximo llega a $4,35 \text{ m}^3/\text{s}$ con lo que el diámetro del emisario se reduce para 1,40 m. El difusor de este emisario tendría una longitud de 500 m, con 147 orificios de 0,09 m de diámetro.

En la Alternativa 3 se disminuye más el caudal del área. Se incluye el caudal proveniente del colector de la Quebrada Santa Rita, que mediante bombeo se conduce hacia los colectores "QP" de la Quebrada Palomo y "MH" Matías Hernández, y se disminuye el caudal proveniente de la estación de bombeo EB-3, que transporta los caudales del Casco Viejo y otras áreas (como se indica en el dibujo I-03), que se envían hacia el Área 4. El caudal máximo llega a $4,22 \text{ m}^3/\text{s}$ con lo que el diámetro del emisario mantiene en 1,40 m. El difusor de este emisario tendría una longitud de 450 m, con 64 orificios de 0,14 m de diámetro.

En la Alternativa 4, todo el caudal de la cuenca del Río Matías Hernández se conduce, por bombeo (EB-3B) hacia la colectora JD-4 del río Juan Díaz (curso inferior), por lo que el caudal máximo de Boca la Caja se reduce a $2,64 \text{ m}^3/\text{s}$, y así el diámetro del emisario se puede reducir a 1,20 m. El difusor de este emisario tendría una longitud de 300 m, con 61 orificios de 0,12 m de diámetro.

En la Alternativa 5, todo el caudal de la cuenca del Río Curundú se conduce, por bombeo (EB-9) hacia el la colectora CV-2 en el área del Casco Viejo, por lo que el caudal máximo de Boca la Caja se aumenta a $5,47 \text{ m}^3/\text{s}$, y así el diámetro del emisario es de 1,50 m, idéntico a de la Alternativa 1. El difusor de este emisario tendría una longitud de 600 m, con 79 orificios de 0,14 m de diámetro.

Por lo ultimo, en la Opción A de la Alternativa 5, como en la Alternativa 4 todo el caudal de la cuenca del Río Matías Hernández se conduce, por bombeo (EB-3B) hacia la colectora JD-4 del río Juan Díaz (curso inferior) y el caudal de la cuenca del Río Curundú se conduce, por bombeo (EB-9) hacia el la colectora CV-2 en el área del Casco Viejo, por lo que el caudal máximo de Boca la Caja cambia para $4,05 \text{ m}^3/\text{s}$, y así el diámetro del emisario es de 1,40 m, idéntico al de la Alternativa 3. El difusor de este emisario tendría una longitud de 400 m, con 64 orificios de 0,14 m de diámetro.

Para el caso del emisario previsto para la cuenca del Juan Díaz, el caudal previsto llega a 3,44 m³/s, en la alternativa 4, por lo que sería necesario un emisario de 1,40 m de diámetro. El difusor de este emisario tendría una longitud de 400 m.

En la alternativa 2, el emisario previsto para la Área 2, el caudal máximo llega a 2,02 m³/s con lo que el diámetro del emisario se reduce para 1,00 m. El difusor de este emisario tendría una longitud de 300 m.

En todos los casos, los difusores fueron predimensionados para garantizar una dilución inicial de 1:100.

2.7.10.2 Pre-Acondicionamiento

Los caudales a ser conducidos hacia la disposición final a través de un emisario submarino deberán ser acondicionados para retirar los materiales más gruesos y los materiales flotantes más persistentes, pues una remoción más profunda de sólidos finos no creará una situación mucho más favorable, debido a que ellos son rápidamente asimilados por el ambiente marino. Esto se logra con un proceso de tratamiento preliminar con el uso de mili-tamices en el que la remoción se limita a los sólidos gruesos y a las partículas de grasa de tamaños mayores que las aperturas de los tamices seleccionados.

La remoción de otros parámetros constituyentes del agua residual, tales como DBO, contenido bacteriano y otros, también se hace innecesaria debido al gran poder de dilución y de dispersión que se logra con el uso de un emisario y difusor adecuadamente diseñado.

Las instalaciones previstas contemplan el uso de rejillas gruesas y desarenadores y la utilización de tamices rotativos o militamices con aperturas de 1,0 mm y 0,50 mm, que se han mostrado adecuados en otros proyectos (Nueva Zelandia y Santos, en Brasil), donde presentan una remoción de materiales flotantes de 96% y 99% respectivamente y remoción de grasa de 30% y 43%, adecuadas para los propósitos requeridos en relación al impacto estético en el ambiente marino.

Con este pre-tratamiento, se obtiene una reducción de costos considerable que, para el caso de Boca la Caja, donde no existen terrenos disponibles, ni lugares suficientemente alejados de las comunidades urbanas que permitan un tratamiento adecuado de los residuos líquidos, resulta prácticamente la única solución técnicamente aceptable, sin perjuicio del cuerpo receptor.

Después de pasar por los tamices, los efluentes se conducen hacia un pozo de bombeo desde donde se bombean hacia el emisario submarino, preferentemente mediante el uso de bombas provistas de elementos de variación de velocidad que permitan adecuarse a los flujos recibidos, para evitar la necesidad de pozos de acumulación y continuas paradas y partidas de las bombas.

En los costos de implantación de las instalaciones de pre-acondicionamiento se consideran los equipos, el montaje de los mismos, las obras civiles de todos los elementos de tratamiento, rejillas, desarenadores y edificación de los mili-tamices, y de la estación de bombeo. Los costos de operación y mantenimiento también están agrupados.

2.8 Vida útil y descripción de las etapas del proyecto

Las cuatro fases de ejecución del Proyecto, presentadas a seguir, fueron determinadas como resultado de priorización de las inversiones elaboradas por el estudio socioeconómico:

Fase de Obras	Período de Obras	Áreas Del Estudio
I	2002 – 2003	3
II	2004 – 2005	2 y 11
III	2006 – 2007	1
IV	2008 – 2010	5, 6, 8, 9 y 10

2.8.1 Período de Ejecución

El proyecto, según ha sido programado en el estudio de factibilidad, comenzaría en el año 2002 con la primera fase, que corresponde a la expropiación de las áreas de tratamiento y se extendería hasta el 2010, o sea por un período de 9 años.

2.8.2 Etapas de Ejecución de Proyecto

Sobre la base de que el proyecto sería financiado parcialmente por un organismo multilateral como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) se contemplaron las dos etapas de ejecución que se explican a continuación:

2.8.2.1 Primera Etapa

Una primera etapa que comprende cuatro años de ejecución, dadas por la intervención en las áreas 3; 2 y 11 que corresponde a las fases I y II del proyecto.

El costo de las obras físicas (costo directo) de la primera etapa ascendería a B./ 155,100,000.

Las otras áreas se ejecutarían en la segunda etapa.

2.8.2.2 Segunda Etapa

El costo de las obras de la segunda etapa correspondiente a las fases III y IV del proyecto, y ascendería a B./ 41,400,000 para ser ejecutadas en el período del 2006 al 2010.

El detalle del costo de las obras (costo de implantación) según las dos etapas de ejecución previstas aparecen en el Anexo 6.7 de este volumen.

2.8.3 Vida Útil

En el cuadro a seguir, se describen las obras físicas de las cuatro fases de ejecución y se resumen la vida útil estimada para sus componentes civiles y electromecánicos:

Obra	Cantidad	Vida Útil de las Estructuras Civiles	Vida Útil de las Estructuras Electromecánicas
Redes de alcantarillado (metros)	121,868	40 años	-- x --
Colectores (número)	53	40 años	-- x --
Estaciones de bombeo (número)	25	40 años	15 años
Líneas de impulsión (número)	25	40 años	-- x --
Plantas de tratamiento* (número)	9	40 años	15 años
Emisario submarino (número)	1	40 años	-- x --

* Incluye la expansión de la TR-5 y TR-10B

2.9 Tipos de insumos y desechos

Para la construcción y operación de sistemas colectores y de tratamiento de aguas residuales se requieren los siguientes insumos: tuberías de PVC de 8" hasta 12" y de hormigón para diámetros mayores de 15" hasta 60" para los colectores, bombas sumergibles y de pozo seco en cantidades y con capacidades variables dependiendo de cada alternativa, materiales para la construcción de las plantas de tratamiento, energía y materiales químicos utilizados en los procesos de tratamiento, tales como cloro, en el caso de que se decida optar por la desinfección con este producto.

Entre los principales desechos se encuentran, durante la etapa de construcción, desechos propios de la construcción tales como restos de concreto, madera, material desechable y material vegetal removido del área de construcción. Durante la etapa de operación los principales desechos están relacionados con la producción de lodos provenientes de los diversos procesos de tratamiento y cuya calidad depende del proceso involucrado. Se desechará arena proveniente de los desarenadores, lodo deshidratado, material proveniente de los militamices, en el caso de la planta TR-3, gas proveniente de los digestores.

Los sólidos extraídos de las plantas de tratamiento de aguas residuales incluyen: material rejillado, arena, espuma y lodos.

2.10 Monto estimado de la inversión

El monto estimado de la inversión para el Plan Maestro y Estudio de Factibilidad para el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá es de B/. 286,2 millones para la primera y segunda etapa. La primera etapa incluye: la red de alcantarillado de las áreas 2, 3, 4 y 11, las colectoras de las áreas 2, 3 y 4, y el tratamiento y disposición final de las áreas 2, 3, 4, y 11. La segunda etapa incluye: las redes de alcantarillados de las áreas 1, 5, 6, 8, 9 y 10, los colectores de las áreas 1, 5, 6, 8, 9 y 10 y el tratamiento y disposición final de estas áreas. A estos costos hay que agregar los costos de rehabilitación de la infraestructura existente, el sistema separativo para el casco viejo, el plan de monitoreo ambiental, el entrenamiento de los trabajadores y el plan de educación ambiental, cuyos montos se presentan a continuación.

- | | |
|---|------------------|
| • Rehabilitación de la infraestructura existente: | B/. 2,1 millones |
| • Sistema separativo para el Casco Viejo | B/. 5,2 millones |
| • Plan de monitoreo | B/. 2,7 millones |
| • Entrenamiento de operadores | B/. 1,6 millones |
| • Plan de educación ambiental: | B/. 2,5 millones |

2.11 Aspectos legales y administrativos de carácter ambiental para el proyecto en relación con el cumplimiento de normas

2.11.1 Legislación ambiental relacionada con el proyecto

En la República de Panamá existen varias piezas de legislación relacionadas con el uso racional y protección de los recursos naturales, el control de la contaminación y el saneamiento ambiental. Sin embargo, muchas de estas legislaciones no han sido debidamente reglamentadas, por lo que su aplicación no se ha dado. A continuación pasamos a describir en forma breve cada una de las más relevantes legislaciones relacionadas con el Plan Maestro y Estudio de Factibilidad para el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá.

2.11.2 Legislación que regula los estudios de impacto ambiental

2.11.2.1 Ley No. 30 del 30 de diciembre de 1994

Mediante esta Ley se exige la presentación de los estudios de impacto ambiental a todos los proyectos con impactos potenciales significativos sobre el medio ambiente natural. Le da la potestad al Instituto de Recursos Naturales Renovables (INRENARE) para administrar el proceso de evaluación de impacto ambiental. La reglamentación propuesta de esta Ley especifica los detalles de aplicación de la misma entre los que se encuentran:

- Los proyectos que requieren la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental
- El formato de contenido del Estudio de Impacto Ambiental

- El proceso administrativo para la aprobación de los Estudios y el otorgamiento de la Resolución Ambiental.

La Ley No. 30 se aprobó como una ley transitoria que regiría hasta tanto se aprobara y entrara en vigencia la Ley General de Ambiente. El reglamento propuesto de la Ley No. 30 no fue aprobado. No obstante, ha sido la base para la regulación de los estudios de impacto ambiental en Panamá por los últimos cuatro años.

2.11.2.2 Ley No. 41 del 1° de julio de 1998

El objetivo de esta Ley es establecer los principios para la protección, conservación y recuperación del ambiente y promover el uso sostenible de los recursos naturales. Para tal fin la Ley contempla la organización administrativa del Estado para la gestión ambiental, creando la Autoridad Nacional del Ambiente como entidad autónoma rectora del estado en los recursos naturales y el ambiente, el Consejo Nacional del Ambiente, integrado por tres Ministros de Estado, el Sistema Interinstitucional del Ambiente, formado por instituciones públicas sectoriales, la Comisión Consultiva Nacional del Ambiente como órgano de consulta de la Autoridad Nacional del Ambiente y las Comisiones Consultivas Provinciales, Comarcales y Distritales del Ambiente con la participación de la sociedad civil.

Sobre los Instrumentos para la Gestión Ambiental, se incluye el ordenamiento ambiental del territorio nacional, el proceso de evaluación de impacto ambiental, las normas de calidad ambiental, la supervisión, control y fiscalización ambiental, el sistema de información ambiental, la educación ambiental y la investigación científica y tecnológica, como los más relevantes para este estudio.

En cuanto a los desechos peligrosos, se establece que el Estado creará las condiciones para la inversión en sistemas de tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, y adoptará medidas para asegurar el manejo apropiado de las sustancias potencialmente peligrosas para que no representen peligro a la salud humana o el ambiente.

Recientemente se aprobó la reglamentación de los aspectos prioritarios de la Ley N° 41, mediante el Decreto N° 59 de marzo de 2000. Este decreto reglamenta el proceso de evaluación de impacto ambiental estableciendo categorías para los estudios de impacto ambiental en función de la magnitud y relevancia de los impactos ambientales.

2.11.3 Legislación relacionada con la protección de los factores físicos del ambiente. Las Normas de Calidad Ambiental, Conformación y Funcionamiento de las Comisiones Consultivas

2.11.3.1 Legislación sobre recursos hídricos y calidad de agua

Ley No.41 del 1° de julio de 1998 – Título IV- Cap.III: Normas de calidad ambiental

La Ley No. 41 del 1° de julio de 1998 (Ley General de Ambiente) establece en su Título IV, Capítulo III lo referente a la promulgación y aplicación de normas de calidad ambiental, entre

las que se incluye la calidad de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos. En el artículo 36 se establece lo siguiente:

Artículo 36: “ Los decretos ejecutivos que establezcan las normas de calidad ambiental deberán fijar los cronogramas de cumplimiento, que incluirán plazos de hasta tres años para caracterizar los efluentes, emisiones o impactos ambientales; y hasta de 8 años para realizar acciones o introducir los cambios en los procesos o tecnologías para cumplir las normas... “

Otros aspectos que se incluyen dentro del mencionado capítulo son: el principio de gradualidad, que establece que las normas ambientales serán aplicadas en forma gradual, en base a un proceso de autorregulación; la revisión de los instrumentos económicos y de regulación del ambiente cada cinco años y la realización de ajustes a los mismos.

Es necesario tomar en consideración los plazos dados a las industrias para el cumplimiento de las normas. Este aspecto es de suma importancia para el proyecto de saneamiento de la ciudad y Bahía de Panamá, ya que esta legislación es la base para asegurar la calidad de los efluentes de aguas residuales tanto domésticas como industriales que se descargan a los cuerpos de agua naturales, para lograr su recuperación y mantenimiento de condiciones ambientales aceptables en los ríos y la bahía de Panamá. También se debe tomar en cuenta que se incluye en las normas propuestas la opción de descarga de los efluentes industriales al sistema de alcantarillado sanitario doméstico. Siendo así, se debe garantizar el tratamiento previo de los efluentes industriales antes de ser descargados al alcantarillado sanitario para que no representen un problema para el funcionamiento de los sistemas de tratamiento biológico propuestos en este estudio. Esto es especialmente importante si los desechos industriales líquidos contienen sustancias tóxicas.

Ley 35 del 22 de septiembre de 1966, conocida como Ley de Aguas

El objetivo de esta ley es la reglamentación de la explotación de las aguas del Estado para su aprovechamiento de acuerdo al interés social, incluyendo el uso para fines domésticos y de salud pública, agrícola y pecuario, industrial y de cualquier otra actividad. La misma establece, en el Artículo 54, la prohibición de arrojar a corrientes de agua de uso común, permanentes o no, o al mar, residuos, basura u otros materiales que puedan contaminarlas o hacerlas nocivas para la salud del ser humano, animales o peces.

Código Sanitario

Otra de las legislaciones relacionadas con la protección de las fuentes de agua naturales es la Ley No.66 del 10 de noviembre de 1947 (Código Sanitario), que en su artículo 205 señala lo siguiente:

Artículo 205: “Prohíbese descargar directa o indirectamente los desagües de aguas usadas, sean de alcantarillas o de fábricas u otros, en ríos, lagos, acequias o cualquier curso de agua que sirva o pueda servir de abastecimiento para usos domésticos, agrícolas o industriales o para recreación y balnearios públicos, a menos que sean previamente tratadas por métodos que las rindan inocuas, a juicio de la Dirección de Salud Pública”.

Ley No.1 del 3 de febrero de 1994

De más reciente vigencia, la Ley No.1 del 3 de febrero de 1994 (Ley Forestal), contiene varios artículos que tienen que ver con la protección de las cuencas hidrográficas:

Artículo 3: “Declara de interés nacional y sometido al régimen de la presente, todos los recursos forestales existentes en el territorio nacional. Para tal efecto, constituyen objetivos fundamentales del Estado, las acciones orientadas a :

Artículo 3, “Numeral 4: “Proteger y manejar las cuencas hidrográficas, ordenar las vertientes, restaurar las laderas de montaña, conservar las tierras forestales y estabilizar los suelos.

Artículo 5, “Numeral 5: “Son bosques de protección aquellos que sean considerados de interés nacional o regional para regular el régimen de las aguas, proteger cuencas hidrográficas, embalses, poblaciones, cultivos agrícolas, obras de infraestructura de interés público, prevenir y controlar la erosión y los efectos perjudiciales de los vientos, albergar y proteger especies de vida silvestre o contribuir con la seguridad nacional”.

Artículo 23: “Prohíbe el aprovechamiento forestal, el dañar o destruir árboles o arbustos en las zonas circundantes al nacimiento de cualquier cauce natural de agua, así como en las áreas adyacentes a lagos, lagunas, ríos y quebradas. Esta prohibición afectará una franja de bosque de la siguiente manera”:

- 1 Las áreas que bordean los ojos de agua que nacen en los cerros en un radio de 200 metros y de 100 metros si nacen en terrenos planos.*
- 2 En los ríos y quebradas, se tomará en consideración el ancho del cauce y se dejará a ambos lados una franja de bosque igual o mayor al ancho del cauce y en ningún caso menor de 10 metros”.*

Artículo 99, Numeral 4: Considera como delito ecológico : “La construcción no autorizada previamente de diques, muros de contención o desvíos de cauce de ríos, quebradas u otras vías de avenamiento o desagüe natural”.

Normas de Calidad de Agua

El Ministerio de Comercio e Industrias de la República de Panamá aprobó los Reglamentos Técnicos de Calidad de Agua, que fueron publicados en la Gaceta Oficial, los cuales incluyen:

- “Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 23-395-99 AGUA. Agua Potable, Definiciones y Requisitos Generales” Gaceta Oficial N° 23,942.
- “Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 23-394-99 AGUA. Calidad de Agua, Toma de muestra para análisis biológico” Gaceta Oficial N° 23,949 del 17 de diciembre de 1999.
- “Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 23-393-99 AGUA. Calidad de Agua, Toma de muestra” Gaceta Oficial N° 23941.

El objetivo de este conjunto de normas es el de permitir la vigilancia de la calidad de agua disponiendo de un instrumento que garantice que las fuentes de agua utilizadas para el consumo no sean una fuente de enfermedad, incapacidad o muerte. Incluye los valores máximos permisibles de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos en el agua considerada para el consumo humano.

Decreto- Ley No.2 del 7 de enero de 1997: Marco Regulatorio de los Servicios Públicos

Este Decreto-Ley establece el marco regulatorio e institucional para la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario en la República de Panamá. El mismo contiene 84 artículos distribuidos en 6 capítulos que incluyen los siguientes aspectos: marco institucional, marco jurídico, modalidades de participación del sector privado, infracciones, sanciones y procedimiento sancionador y definiciones finales.

En el Capítulo 1 del Decreto-Ley No.2 que trata de las generalidades, se especifica por servicio público de alcantarillado sanitario lo siguiente:

- 1 La recolección de las aguas residuales de origen doméstico, industrial, comercial y hospitalario debidamente tratadas.
- 2 El tratamiento de las aguas residuales, incluyendo tanto el tratamiento del efluente de agua residuales como los lodos y otros sub-productos del tratamiento. También puede incluir la conducción de las aguas residuales crudas a los sistemas de tratamiento.
- 3 La disposición final de las aguas residuales crudas o tratadas y/o la reutilización del efluente tratado, que se refiere a la conducción de las aguas residuales hasta el sitio de disposición final cuando no haya tratamiento, o la conducción de las aguas residuales tratadas desde la salida de la planta de tratamiento hasta el sitio de disposición final o de reutilización.

En cuanto a la administración de los servicios a la comunidad, el Decreto Ley No.2 especifica que estos servicios públicos serán prestados por empresas públicas, privadas o mixtas, para lo cual se establecerá una tarifa. Se establecen en el Artículo 28 los derechos de los clientes de los servicios públicos a la vez que se les da el recurso de denunciar ante el Ente Regulador de los Servicios Públicos cualquier irregularidad que se presente.

Normas para Aguas Residuales

- a) Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 39-2000: Descarga de efluentes líquidos directamente a sistemas de recolección de aguas residuales.
 - b) Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2000: Descarga de efluentes líquidos directamente a cuerpos y masas de agua superficiales y subterráneas.
 - c) Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 47-2000: Uso y disposición final de lodos.
 - d) Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 29-99: Reutilización de aguas residuales tratadas.
-
- a) Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 39-2000: Descarga de efluentes líquidos directamente a sistemas de recolección de aguas residuales.

Esta norma será aplicable a todo tipo de industria y a descargas de aguas residuales domésticas. Su objetivo es la protección de los sistemas de recolección y los procesos de tratamiento de aguas residuales de daños tales como: corrosión, incrustación u

obstrucción de las redes de alcantarillado, formación de olores desagradables, gases tóxicos o explosivos e interferencia con los procesos de tratamiento biológico de las aguas residuales domésticas. Se especifican 41 parámetros físico-químicos y biológicos, de los cuales son de control obligatorio por parte de los productores de las aguas residuales los siguientes: conductividad eléctrica, pH, coliformes fecales, DQO, oxígeno disuelto, temperatura y cloro libre, cuyos valores máximos permitidos se muestran en el Cuadro N° 2.21.

Cuadro N° 2.21 - Valores máximos permitidos para los parámetros a controlar obligatoriamente en las descargas de aguas residuales industriales a sistemas de alcantarillado sanitario.

Característica	Unidad	Expresión	Límite Máximo
Aceites y grasas	mg/l	A y G	150
Aluminio	mg/l	Al	5
Arsénico	mg/l	As	0.5
Cadmio	mg/l	Cd	0.5
Calcio	mg/l	Ca	150
Cianuro	mg/l	CN	1
Cloro residual	mg/l		1.5
Cloruros	mg/l	Cl ₂	400
Cobre	mg/l	Cu	3
Coliformes fecales	NMP/100 ml	NMP	10 ⁶
Compuestos fenólicos	mg/l	Fenol	0.5
Conductividad eléctrica	µm/cm		2,000
Cromo total	mg/l	Cr _t	10
Detergentes	mg/l		2
DQO	mg/l	DQO	700
DQO/DBO ₅	mg/l		1.25 – 2.50
Espuma	mm	PE	7
Estaño	mg/l	Sn	3
Fluoruro	mg/l	F	1.5
Fósforo	mg/l	P	10
Hidrocarburos totales	mg/l		20
Hierro	mg/l	Fe	5
Mercaptanos	mg/l		0.02
Mercurio	mg/l	Hg	0.02
Níquel	mg/l	Ni	4

Característica	Unidad	Expresión	Límite Máximo
Nitratos	mg/l	NO ₃	10
Nitrógeno amoniacal	mg/l	NH ₄	80
Nitrógeno total	mg/l	N	100
Olor	mg/l		No perceptible
Organoclorados	mg/l		2
PH	Unidad	PH	5.5.-9
Plomo	mg/l	Pb	1
Sodio	%	%Na	35
Sólidos disueltos	mg/l	S.D.	1,000
Sólidos sedimentables	mg/l	S.D.	20
Sólidos suspendidos	mg/l	S.S.	300
Sólidos totales	mg/l	S.T.	1,500
Sulfatos	mg/l	SO ₄	1,000
Sulfuros	mg/l	S	5
Temperatura	°C		± 3° de la T N
Zinc	mg/l	Zn	5

Fuente: Anteproyecto de norma técnica relativa a descargas de residuos industriales líquidos directamente a sistemas de recolección de agua.

Se incluye además en esta norma el requerimiento a todas las industrias que descarguen efluentes a los sistemas de alcantarillado sanitario, de efectuar un autocontrol mediante muestreos y pruebas de calidad por lo menos dos veces al mes.

- b) Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2000: Descarga de efluentes líquidos directamente a cuerpos y masas de agua superficiales y subterráneas.

El objetivo de esta norma es el control de la contaminación de los cuerpos de agua naturales tanto superficiales como subterráneos mediante la aplicación de valores máximos permisibles para 49 parámetros físico-químicos y biológicos tal como se muestra en el Cuadro N° 2.22. Se aplica a todos los establecimientos industriales y a operadores de plantas de tratamiento relacionados con la actividad industrial que descargan sus efluentes líquidos directamente a los cuerpos de agua superficiales o subterráneos dentro de la República de Panamá.

Cuadro N° 2.22 - Valores máximos permitidos de las descargas de vertidos de residuos industriales líquidos a los cuerpos receptores

Parámetro	Unidad	Expresión	Límite Máximo
Aceites y grasas	mg/l	A y G	20

Parámetro	Unidad	Expresión	Límite Máximo
Aluminio	mg/l	Al	5
Arsénico	mg/l	As	0.5
Boro	mg/l	B	0.75
Cadmio	mg/l	Cd	0.01
Calcio	mg/l	Ca	1000
Cianuro	mg/l	CN	0.2
Cloro residual	mg/l		1.5
Cloruros	mg/l	Cl ₂	400
Cobre	mg/l	Cu	1
Coliformes fecales	NMP/100 ml	NMP	1000
Compuestos fenólicos	mg/l	Fenol	0.5
Conductividad eléctrica	µm/cm		2,000
Cromo Hexavalente	mg/l	CR ⁶⁺	0.05
Cromo total	mg/l	Cr _t	5
Detergentes	mg/l		2
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	DBO ₅	35
DQO	mg/l	DQO	100
Detergentes	mg/l		1
Espuma detergente o surfactante	mm	PE	7
Fluoruro	mg/l	F	1.5
Fósforo total	mg/l	P	5
Hidrocarburos totales	mg/l		5
Hierro total	mg/l	Fe	5
Manganeso	mg/l	Mn	0.3
Mercaptanos	mg/l		0.02
Mercurio	mg/l	Hg	0.001
Níquel	mg/l	Ni	0.2
Nitratos	mg/l	NO ₃	6
Nitrógeno amoniacal	mg/l	NH ₄	3
Nitrógeno orgánico total	mg/l	N	10
Olor			No perceptible
Organoclorados	mg/l		1.5
Pentaclorofenol	mg/l	C ₆ OHCl ₅	0.009

Parámetro	Unidad	Expresión	Límite Máximo
PH	Unidad	PH	5.5.-9
Plomo	mg/l	Pb	0.050
Selenio	mg/l	Se	0.01
Sodio	%	%Na	35
Sólidos sedimentables	mg/l	S.SED.	15
Sólidos suspendidos	mg/l	S.S.	35
Sólidos totales disueltos	mg/l	S.T.D	500
Sulfatos	mg/l	SO ₄	1,000
Sulfuros	mg/l	S	1
Temperatura	°C		± 3° de la T N
Tolueno	mg/l	C ₆ H ₅ CH ₃	0.7
Tricloroetano	mg/l	HC ₂ Cl ₃	0.04
Triclorometano	mg/l	CHCl ₃	0.02
Turbiedad	NTU	NTU	30
Xileno	mg/l	C ₆ H ₄ C ₂ H ₆	0.05
Zinc	mg/l	Zn	3

Fuente: Anteproyecto de norma técnica relativa a descargas de residuos industriales líquidos directamente a cursos y masas de agua superficiales o subterráneas

c) Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 47-2000: Uso y disposición final de lodos.

Esta norma tiene como objetivo el aprovechamiento del potencial nutritivo de los lodos tratados y su utilización en las actividades agrícolas como sustituto de fertilizantes químicos. Especifica los diferentes usos permitidos de los lodos y los límites permisibles de metales pesados y coliformes fecales de acuerdo al uso propuesto. En el caso de que los lodos no cumplan con las características necesarias para su comercialización, la norma especifica que bajo ninguna circunstancia estos lodos se podrán disponer en los cursos de agua naturales o artificiales.

El campo de aplicación de la norma comprende todas las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, residuos industriales líquidos que descargan a las redes de alcantarillado y todo tipo de plantas de tratamiento de aguas que generan lodos como resultado del proceso de tratamiento.

d) Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 29-99: Reutilización de aguas residuales tratadas.

Esta norma tiene como objetivo establecer regulaciones para los distintos usos que pueda darse a los efluentes tratados de aguas residuales. Especifica la calidad mínima requerida del efluente tratado dependiendo del uso, que incluye: agua para bebida de animales, riego, recreación y estética, vida acuática y acuicultura, uso urbano, recarga de acuíferos, restauración de hábitats y uso industrial. Por ejemplo, el límite máximo permisible de DBO

dentro de la reutilización es de 40mg/l para riego superficial y de 5mg/l para recreación sin contacto directo.

2.11.3.2 Calidad de aire

Ley N° 36 del 17 de mayo de 1996

Mediante esta ley se establecen los controles de contaminación del aire ocasionada por combustible y plomo, especialmente proveniente del uso de vehículos de combustión interna. Establece la prohibición, a partir del 1° de enero de 1997, de la fabricación e importación de pinturas, barnices, tintes y derivados con un contenido de plomo mayor que el máximo permitido por el Ministerio de Salud. Por otro, lado, también se indica que “a partir del 1° de enero de 1998 los vehículos de motor de gasolina importados a la República de Panamá deberán poseer sistemas de control de emisión, a fin de que cumplan con los niveles de emisión permisibles establecidos por el Ministerio de Salud para reducir de esta manera la contaminación” (Gaceta Oficial No. 23,040 del 21 de mayo de 1996).

Con respecto al uso de gasolina con plomo, se especifica que a partir del año 2,002 únicamente se permitirá la venta de gasolina sin plomo. Para realizar el monitoreo los niveles de contaminación del aire, se instituye mediante esta ley la red de medición y análisis a nivel nacional, asignando al Instituto Especializado de Análisis de la Universidad de Panamá los recursos para instalar y mantener la red de monitoreo.

2.11.3.3 Desechos sólidos y peligrosos

Decreto Ejecutivo N° 111 del 23 de junio de 1999 “Por el cual se establece el Reglamento para la Gestión y Manejo de los Desechos Sólidos Procedentes de los Establecimientos de Salud.”

Este Decreto contiene las disposiciones para la gestión de los desechos sólidos generados en establecimientos de salud, con el fin de proteger la salud humana y el ambiente. Estas incluyen la clasificación de los desechos, tipo de recipiente de acuerdo al tipo y características de los desechos, recolección y transporte interno y externo, almacenamiento temporal, tratamiento y disposición final.

Propuesta de reglamento por el cual se crea la norma de recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos.

De acuerdo a las disposiciones del Código Sanitario sobre la responsabilidad del Ministerio de Salud en actividades de política sanitaria municipal, dicho Ministerio se encuentra actualmente trabajando en la formulación de una propuesta para la recolección, transporte y disposición de los desechos sólidos, la cual incluye las entidades responsables en materia de residuos sólidos y los mecanismos para la gestión de los residuos, tales como recolección, transporte y disposición final de desechos.

En conclusión, existe legislación vigente en Panamá para el control de los vertidos de cargas contaminantes a los cuerpos de agua naturales, pero ésta no se aplica debido a la falta de

reglamentación de la misma, que establezca los mecanismos para exigir su cumplimiento. Por otro lado, el Ministerio de Salud cuenta con una propuesta de normas para el tratamiento de las aguas residuales cuya aprobación se espera que se de en los próximos meses. La aprobación de estas normas sería un importante paso para lograr el saneamiento de las cuencas de los ríos y por lo tanto de la Bahía de Panamá.

3 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

3.1 Metodología para el análisis de las condiciones del área de influencia del proyecto

Para el análisis de las condiciones del área de influencia del proyecto se utilizaron las siguientes metodologías:

3.1.1 Recopilación de información bibliográfica

Tanto para los componentes físicos del ambiente terrestre y acuático como para los componentes biológicos y socioeconómicos y culturales se realizó una revisión de los datos históricos existentes, de manera que pudieran conocerse las tendencias o evolución de la calidad ambiental de los mismos. Se utilizaron, además de estudios anteriores realizados en el área de estudio, mapas y fotografías aéreas obtenidas del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia.

3.1.2 Trabajos de campo, muestreos y análisis

La información histórica fue actualizada mediante los estudios de campo pertinentes, que consistieron en evaluaciones y reconocimiento de campo, mediciones en sitio, recolección de muestras y análisis de laboratorio.

A continuación se presenta una descripción de la metodología utilizada durante las campañas oceanográficas para la recolección de información sobre la biología marina, calidad de agua e hidrodinámica del área.

Se relizaron tres campañas oceanográficas, de las cuales, la Campaña Oceanográfica Complementaria o tercera campaña, realizada en el periodo del 25 de septiembre al 27 de octubre de 1999, tenía como objetivo complementar la información que se obtuvo en las campañas anteriores, así como confirmar las hipótesis definidas en esas campañas, de manera de ayudar las exigencias de los Términos de Referencia.

Las informaciones obtenidas en esta campaña también fueron utilizadas para ayudar en la calibración del modelo hidrodinámico de circulación y en la elaboración del mapa de probabilidad de visita del campo de mezcla que se formará a partir del punto de descarga de las aguas servidas.

3.1.2.1 Bentos y Sedimentos

Fueron realizadas recolección de sedimentos en 8 estaciones, con muestras replicadas, ascendiendo a 24 muestras. Las recolecciones fueron realizadas en los días 26, 27 y 28.09.99. En el Cuadro N° 3.1 se presentan las coordenadas de los puntos de la recolección.

El buzo usado fue el mismo de la campaña anterior, así como la metodología de la recolección que se hizo a través del buceo con uso de un "core" de PVC con

aproximadamente 25 centímetros de diámetro y 50 centímetros de largo. Las muestras se guardaron en sacos de plástico y se conservaron en formaldehído. Junto con el material bentónico, se tomaron muestras destinadas a los análisis granulométricos y de carbono orgánico.

Las muestras de bentos fueron enviadas a Río de Janeiro (Brasil) para ser clasificadas taxonómicamente, mientras que las muestras destinadas al análisis granulométrico y de carbono orgánico se analizaron en Panamá.

Cuadro N° 3.1 – Coordenadas de los puntos de muestreo de Bentos y Sedimentos

Localización	Tipo de muestra	gd°mm'ss.s" Norte	gd °mm'ss.s" Oeste
Tocumen	P, B, Q	09°00'35.7"	79°23'34.1"
Juan Diaz	B y Q	09°00'16.3"	79°25'59.6"
Matías Hernández	B y Q	08°59'35.0"	79°29'16.0"
Boca la Caja	P, B y Q	08°58'28.2"	79°30'14.7"
Matasnillo	B y Q	08°57'56.0"	79°31'10.6"
Casco Viejo	B y Q	08°56'24.1"	79°31'48.3"
Farfán	B y Q	08°55'40.0"	79°33'31.2"
Venado	P, B y Q	08°53'02.1"	79°35'10.9"

P: Plancton - B: Bentos - Q: Calidad del Agua

3.1.2.2 *Plancton*

Las recolecciones fueron realizadas en 3 estaciones cercanas a la costa (Tocumen, Boca la Caja y Venado), siendo las muestras coleccionadas en 29.09.99 y 04.10.99, en las mareas de creciente y bajante, totalizando 12 muestras de fitoplancton y 12 muestras de zooplancton. Las coordenadas de los puntos de la recolección son los mostrados en el Cuadro N° 3.1.

Las muestras del zooplancton se extrajeron a través del arrastre con red específica en la cual fue acoplado un fluxómetro.

Las muestras de fitoplacton fueron extraídas directamente con los frascos con capacidad para guardar medio litro de muestra. Las muestras de fito y de zooplancton fueron conservadas en formol al 5%.

Las muestras fueron enviadas a Río de Janeiro (Brasil) para ser clasificadas taxonómicamente.

3.1.2.3 *Calidad del Agua*

En las mismas 8 estaciones definidas para la recolección del bentos, fueron realizadas las muestras para el análisis físico-químico y de calidad bacteriológica del agua, en los periodo de pleamar, en los días 29.09.99 y 04.10.99, ascendiendo a 16 muestras. Se presentan en el Cuadro N° 3.1 las coordenadas de los puntos de la recolección. Debe señalarse que las muestras sólo se recogieron en la pleamar, ya que el objetivo era medir la contaminación cerca de la costa, y como en la bajamar las aguas se alejan en demasía, no había como medir en un mismo punto próximo a la costa condiciones de pleamar y bajamar.

En cada punto de la recolección fue medido "in situ" la temperatura, a través de un termómetro de mercurio y la transparencia del agua con un disco de Sechi. Las muestras de agua colectadas eran preservadas en hielo hasta la llegada al laboratorio donde se analiza la Salinidad, el Oxígeno disuelto, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Clorofila A, Coliformes Totales y Fecales, Streptococcus, Sólidos en Suspensión y Aceites y Grasas. Las muestras destinadas al análisis de Oxígeno Disuelto se guardaron en frascos de borosilicato con boca estrecha y tapas esmeriladas, y fueron preservadas de acuerdo con el método de Winkler.

Las muestras destinadas a los análisis de Aceites y Grasas se almacenaron en frascos de borosilicato oscuro con capacidad de 1 litro. Las muestras destinadas a los análisis de Coliformes y Streptococcus se guardaron en frascos esterilizados de polietileno con la capacidad de 200 ml. Las otras muestras se guardaron en frascos de polietileno, totalizando 5 litros de muestras en cada punto de la recolección.

3.1.2.4 *Corrientes marinas*

ADP

Un Correntógrafo perfilador acústico ADP, fabricado por SONTEK, modelo 500 KHz, fue usado para medir valores medios de velocidad y dirección en los componentes de la corriente del mar, junto con los datos de temperatura del agua y de presión. Los valores se guardaron de media en media hora y fueron medidos a cada metro de profundidad, empezando a los 3,5 metros del fondo hasta la superficie.

El Correntógrafo ADP se instaló a través de un anclaje fijo, en un lugar cuya profundidad era de 8 metros, en bajamar, a una distancia de aproximadamente 5,5 Km de la costa, en las coordenadas de latitud 08° 57 ' 02.86" N y longitud 79° 28 ' 04.46" W, (989,700.28 N y 668,442.52 W en coordenadas UTM) y estuvo midiendo durante el periodo de 27.09.99 a 27.10.99.

Cerca del lugar del anclaje, el consorcio mantuvo una embarcación de apoyo durante el periodo entero de colección de datos, con el objetivo de garantizar que no ocurriese ningún siniestro con el ADP, desde que en el área en estudio se observaron grandes cantidades de barcos de pesca con grandes redes de arrastre. El día 15.09.99 el ADP fue izado por un periodo de pocas horas, para la substitución de los ánodos de sacrificio y limpieza. En el barco de apoyo se instaló un anemógrafo que adquirió datos de dirección y velocidad del viento, con el mismo intervalo pruebas del ADP, 30 en 30 minutos.

Los flotadores (drogues) de Deriva

Se fabricaron flotadores redondos de madera con 1 metro de diámetro y aletas de aluminio con área de 1 metro del cuadrado.

Los flotadores de deriva se tiraron en 6 estaciones cuyas coordenadas se presentan en el Cuadro N° 3.2, en mareas de sicigia (aguas vivas) y de cuadratura (aguas muertas), durante 13 días, midiendo la corriente a través de los derivadores (trayectorias).

En cada día, se tiraron 2 derivadores cuyas aletas se situaron en profundidades diferentes, de 0,5 y 3,5 metros. Los derivadores se acompañaron durante un periodo diario de aproximadamente 10 horas continuas, mientras su curso era registrado a cada 10 minutos, a través de la anotación de su coordenada obtenida con la lectura de un GPS manual Marca Garmin.

Cuadro N° 3.2 - Coordenadas de los puntos de lanzamiento de derivadores

Punto de Lanzamiento de los Derivadores	Fecha	gd°mm'ss.s" Norte	Gd°mm'ss.s" Oeste
A	09 y 18.10.99	09°01'05.46"	79°23'53.51"
B	11 y 22.10.99	09°00'38.88"	79°27'06.42"
C	20 y 24.10.99	08°59'01.95"	79°30'12.74"
D	06 y 13.10.99	08°56'49.19"	79°23'05.31"
E	19 y 23.10.99	08°56'22.62"	79°26'18.17"
F	21 y 25.10.99	08°54'52.99"	79°29'19.16"
Canal de Panamá	26.10.99	08°54'23.90"	79°32'11.00"

3.1.2.5 T 90

Fueron realizados dos experimentos de T90 en un único punto, en las coordenadas 08° 56' 05.14" N de latitud y 79° 27' 02.30" W de longitud, en las inmediaciones del difusor previsto, en los días 01.10 y 14.10.99. Los análisis de las muestras se hicieron en el laboratorio seleccionado y los resultados obtenidos confirmaron los realizados en la segunda campaña.

Los experimentos de T90, estuvieron de acuerdo con la misma metodología y los procedimientos ejecutados en los experimentos de la segunda campaña.

Cuadro Nº 3.3 – Colecta de Coliformes para análisis de T₉₀

FECHA: 01/10/99

LATITUD: 08 56' 39,9"

LUGAR PREVISTO PARA EL DIFUSOR

LONGITUD: 79 27' 35,6"

MARÉA BAJANTE

DILUCION: 1:100

Nº de la Muestra	Hora	Resultados UTP
1	11:10	450
2	11:25	1000
3	11:35	400
4	11:45	2200
5	11:55	960
6	12:05	900
7	12:15	700
8	12:25	600
9	12:35	1200
10	12:45	350
11	12:55	250
12	13:05	300
13	13:15	300
14	13:25	400
15	13:35	0
16	13:45	120
17	13:55	200
18	14:05	400

Cuadro Nº 3.4 – Colecta de Coliformes para análisis de T₉₀

FECHA: 14/10/99

LATITUD: 08 56' 40,1"

LUGAR PREVISTO PARA EL DIFUSOR

LONGITUD: 79 27' 38,8"

MARÉA BAJANTE

DILUCION: 1:100

Nº de la Muestra	Hora	Resultados UTP
1	10:05	9000
2	10:15	7000
3	10:25	10000
4	10:35	8000
5	10:45	4800
6	10:55	7000
7	11:05	6500
8	11:15	6000
9	11:25	5000
10	11:35	4500
11	11:45	3500
12	11:55	5000
13	12:05	4000
14	12:15	5200
15	12:25	4500
16	12:35	5000
17	12:45	6000
18	12:55	3800

3.1.3 Calidad del Agua

Las campañas oceanográficas realizadas en la bahía de Panamá incluyeron la toma de muestras para análisis físico-químicos y bacteriológicos de las aguas marinas, en diversos puntos que pueden identificarse en la figura 3.1, a fin de ampliar el conocimiento sobre las características de la bahía.

Figura 3.1 – Lugar de Toma de Muestras de Calidad de Agua, Biología Marina y Medición de Corrientes

En la primera campaña (diciembre de 1998) sólo se hicieron mediciones de corrientes, en la segunda campaña (abril de 1999) se tomaron muestras para análisis bacteriológico de coliformes totales y fecales en 11 sitios ubicados próximo a la desembocadura de los ríos y frente a algunos barrios centrales de la ciudad. Además se tomaron muestras de agua en puntos cercanos al punto previsto para descarga del emisario submarino para análisis de sólidos suspendidos, salinidad y concentraciones de grasas y aceites. En la tercera campaña de septiembre-octubre de 1999, se tomaron muestras de agua para identificar nitrógeno, fosfatos, salinidad, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos, coliformes totales y fecales, streptococos fecales, clorofila a, temperatura, transparencia y contenido de aceites y grasas.

Las recolecciones de la tercera campaña se realizaron el 29 de septiembre (marea de sicigia) y el 4 de octubre (marea de cuadratura) en 8 estaciones (figura 3.1) distribuidas de la boca del río Tocumen al la del río Venado. La determinación de la posición se efectuó con ayuda de un GPS 45XL (Garmim) y a través de una lancha de motor de 20 pies. Todas las recolecciones fueron hechas en las situaciones de marea creciente/alta y alta/bajante, y todas las muestras de agua se hicieron en la superficie.

Las muestras se acondicionaron en frascos diferentes, siguiendo recomendaciones de los Métodos standard (Aspha, 1989). Para el análisis de bacterias se usaron 2 frascos de 100 ml para cada estación, para los aceites y grasas, clorofila, nitrato, fosfato, sólidos en suspensión y salinidad 1 frasco de vidrio ámbar de 2 litros para cada estación y para el oxígeno disuelto se usó frasco separado con fijador proporcionado por el laboratorio de análisis.

Los análisis se hicieron en el laboratorio de Química del Centro Experimental de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de Panamá.

Sobre los resultados era aplicado un análisis en componentes principales (ACP) de manera de verificar los factores que actuaron sobre el sistema de masa de agua. Este análisis extrae de la matriz de datos los ejes vectoriales que pasan por las más altas variaciones. Como se trató de variables con unidades diferentes, los datos se regularizaron por la desviación normal. Este análisis se basa en la distribución del coeficiente lineal de Pearson, siendo por eso conveniente para los datos relativos a variables continuas, y permite también verificar la relación entre las variables y los puntos de recolección.

3.1.4 Plancton

3.1.4.1 Fitoplancton

Recolección

En los puntos 1, 5 y 8 (figura 3.1) se hicieron colectas en marea creciente y bajante. Las recolecciones fueron directamente realizadas de la superficie con los frascos plásticos de 500 ml, fijadas en solución de formaldehído marino a 10% y analizadas en el laboratorio de fitoplancton de la Universidad Federal Fluminense por la Doctora Cristina Bassani.

Los puntos de la recolección siguientes fueron:

- P1 - mañana (bajante), P1 - tarde (creciente) el 29/09/99; P1 - bajamar, P1 - pleamar el 04/10/99.
- P5 - mañana (bajante), P5 - tarde (creciente) el 29/09/99; P5 - bajamar, P5 - pleamar el (04/10/99).
- P8 - mañana (bajante), P8 - tarde (creciente) el 29/09/99; P8 - bajamar, P8 - pleamar el (04/10/99).

3.1.4.2 Zooplancton

Recolección

Para el estudio del zooplancton se hicieron recolecciones con red de malla de 100um con boca de 0,39 cm de apertura. El arrastre fue hecho horizontalmente en la superficie y el volumen filtrado era determinado con ayuda del fluxómetro acoplado en la boca de la red. Las muestras fueron analizadas, por sub-muestra, con pipeta de Stemple en tina de Dollfus. El total de organismos se extrapolo para el metro cúbico de agua filtrada. Las muestras se fijaron en formol al 4% neutralizado con bórax. La identificación era hecha en el microscopio Baush-Lomb, en su mayoría en nivel de especie.

Los puntos de la recolección siguientes fueron:

- P1 - mañana (bajante), P1 - tarde (creciente) el 29/09/99; P1 - bajamar, P1 - pleamar el 04/10/99.
- P5 - mañana (bajante), P5 - tarde (creciente) el 29/09/99; P5 - bajamar, P5 - pleamar el (04/10/99).
- P8 - mañana (bajante), P8 - tarde (creciente) el 29/09/99; P8 - bajamar, P8 - pleamar el (04/10/99).

3.1.5 Bentos y Sedimentos

Recolección

Las recolecciones del sedimento para el análisis de la macrofauna (organismos más grandes que 0,5 mm), de granulometría y de carbono orgánico se obtuvieron a través del buceo autónomo. Para el análisis de la fauna se usó un cilindro de PVC con 15 cm de diámetro enterrado a una profundidad de 15 centímetros en el sedimento y para el análisis de carbono y granulometría frascos de polietileno con un volumen de 500 ml. Se hicieron tres réplicas en cada punto en los 8 puntos presentados en la figura 3.1.

Después de la recolección, el sedimento para el análisis de la fauna se lavó en los cedazos con 0,5 mm de apertura de malla, se acondicionó en bolsa de plástico y se refrigeró hasta llegar a tierra. Después, las muestras se fijaron en solución de formaldehído salino al 10%. En el laboratorio los animales se analizaron con auxilio de material óptico apropiado y se identificaron al nivel taxonómico más pequeño posible. Una réplica se seleccionó aleatoriamente para proceder a la estimación de la biomasa específica.

3.1.6 Estudios batimétricos

El objetivo de este estudio fue el de realizar barridos batimétricos en áreas especificadas por los ingenieros de CESOC, de modo de determinar espesores de sedimentación en dichas áreas. Esta información fue recopilada y presentada en forma de plano-perfil para cada una de las cuatro líneas batimétricas solicitadas por CESOC.

Para obtener información batimétrica se utilizan equipos especializados llamados ecosondas los cuales emiten señales en ciertas frecuencias, las cuales al encontrar el fondo, rebotan hacia su fuente la cual calcula la profundidad. Estas frecuencias pueden ser altas (200KHz) ó bajas (24, 12, 7 KHz). Mientras más baja la frecuencia, mayor penetración se obtendrá en las capas de sedimentos. La penetración dependerá de la densidad del material.

Usualmente para trabajos en los cuales se desea detectar fondo de roca bajo una capa de sedimento consolidado, se utiliza un equipo denominado "sub-bottom profiler" el cual funciona en frecuencias bajas como 7, 4.5 ó 2 KHz. Este equipo es altamente costoso y bastante difícil de obtener en calidad de alquiler para poder utilizarse en Panamá.

El equipo que se utilizó en los estudios batimétricos fue el siguiente:

- Equipo de posicionamiento global DGPS marca Trimble con precisión menor de 1 metro.
- Ecosonda digital marca ODOM modelo DF3200 MKII de 200/12KHz.
- Transductor AIRMAR de 200/12 KHz.
- Software hidrográfico HydroPro de Trimble.
- Bote de 23 pies de fibra de vidrio.

1) Una primera línea batimétrica que tuvo su inicio en las proximidades del poblado de Boca la Caja, cerca de la coordenada **N 993509.23 E 664509.23**, y siguió rumbo sur hacia la coordenada **N 985701.39 E 666176.90**. El tramo fue repetido en dos líneas paralelas a cada lado de la original, separadas a una distancia de 25 metros de la línea central.

2) La segunda línea batimétrica que tuvo su inicio en las proximidades del poblado de Boca la Caja, cerca de la coordenada **N 993509.23 E 664509.23**, y siguió rumbo sudeste hacia la coordenada **N 987935.13 E 670348.77**. El tramo fue repetido en dos líneas paralelas a cada lado de la original, separadas a una distancia de 25 metros de la línea central.

En el área donde convergen ambas líneas batimétricas en Boca La Caja, fue realizado un trabajo topográfico con elevaciones correlacionadas a la información del fondo marino con coordenadas y referencias de nivel ubicadas en tierra.

3) La tercera línea batimétrica tuvo su inicio lo más próximo a la coordenada **N 996343.70 E 670187.42**. Este levantamiento batimétrico siguió rumbo sur hacia la coordenada **N 988477.80 E 671694.43**. Este trayecto fue realizado una sola vez.

4) La cuarta línea batimétrica tuvo su inicio en la desembocadura del Río Tocumen, ó lo más próximo a la coordenada **N 997185.42 E 676075.62**. Este levantamiento batimétrico

siguió rumbo sur hacia la coordenada **N 989319.52 E 677582.64**. Este trayecto fue realizado una sola vez.

El trabajo batimétrico fue realizado los días 25 y 26 de septiembre de 1999. Se aprovecharon los periodos de marea alta para poder llegar lo más cerca posible a la costa ó punto de origen de cada línea, siempre tomando en cuenta factores de seguridad de manera que se asegurase la nave, personal, y el equipo abordo. El trabajo fue planificado de manera que porciones de 1200 a 2000m de la extensión total de cada línea pudiesen ser realizados durante marea alta, de modo de obtener mayor cobertura de fondo marino.

3.2 Condiciones ambientales del área de estudio

3.2.1 Condiciones de los componentes físicos del ambiente

3.2.1.1 Clima

Según la clasificación de Koppen, el clima del área del proyecto es tropical de sabana, con una estación seca que se extiende de enero a abril y una estación lluviosa de mayo a diciembre. La temperatura media del mes más fresco es mayor a 18°C y existe poca variación de temperatura a lo largo del año, siendo la diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y el mes más fresco inferior a los 5°C.

El clima del área de estudio está influenciado por la migración anual de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI), la cual divide los vientos alisios del sureste y del noreste de los hemisferios Sur y Norte, respectivamente. La Zona de Convergencia Intertropical se caracteriza por una banda nubosa debido a la convergencia de las corrientes opuestas de aire, la cual genera mayor cantidad de lluvia. Durante la ausencia de la banda nubosa, la cantidad de lluvia disminuye, produciéndose una pronunciada estación seca en la costa del Pacífico y una ligera estación seca en la costa Atlántica y en la región central y occidental de Panamá.

De acuerdo a estudios realizados por el Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación, una de las causas de lluvias en Panamá la constituyen las tormentas que se forman en las costas del Pacífico de Colombia, donde las masas de aire caliente que suben por la costa del Pacífico desde Colombia hacia Panamá, concentran una gran cantidad de humedad sobre la cordillera. Esta concentración de humedad produce las tormentas que se dan en la costa del Pacífico panameño.

Precipitación

Las precipitaciones en el área de estudio generalmente son convectivas y orográficas. Las corrientes marinas con altas temperaturas favorecen el calentamiento y la evaporación. A medida que el aire cargado de humedad se desplaza hacia la tierra, las masas de aire tropiezan con las barreras montañosas dando origen a precipitaciones con valores de hasta 3,200 mm/año. En la mayoría de las cuencas del área de estudio la precipitación media anual tiene valores comprendidos entre los 2,000 mm/año en su parte baja y hasta 3,200 mm/año en su parte alta.

El mes con más baja precipitación es febrero, con una precipitación promedio de 16.2 mm y el más lluvioso es octubre con 610.1 mm, lo cual representa una diferencia significativa entre las precipitaciones del mes más seco y el más lluvioso. Como referencia de las precipitaciones registradas en estas cuencas, el Cuadro N° 3.5 presenta la distribución mensual de lluvia para tres estaciones dentro del área de estudio.

Cuadro N° 3.5 - Distribución mensual de las lluvias en las estaciones Cerro Azul, Las Cumbres y Tocumen

Mes	Precipitación media mensual (mm) Período: 1971-1995		
	Cerro Azul	Las Cumbres	Tocumen
Enero	34.3	26.6	27.0
Febrero	16.2	7.3	10.3
Marzo	19.8	10.3	12.8
Abril	147.4	124.5	64.5
Mayo	421.6	249.6	223.1
Junio	362.2	260.3	241.2
Julio	338.8	258.2	167.5
Agosto	356.2	266.9	241.9
Septiembre	499.0	292.1	245.0
Octubre	610.1	331.5	348.4
Noviembre	335.6	236.1	240.4
Diciembre	128.0	103.6	85.1
Total Anual	3270	2164.3	1831

Fuente: Departamento de Hidrometeorología del antiguo IRHE

Temperatura

La temperatura en el área de estudio se caracteriza por la poca variación estacional con una diferencia promedio de 2°C. Como ilustración, se muestra en el Cuadro N° 3.6. los registros de temperatura de la estación Tocumen durante el período 1991-1993.

Cuadro N° 3.6 - Temperaturas registradas en la Estación Tocumen

T °C	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Prom	26.2	26.6	27.2	27.6	27.2	26.9	26.7	26.6	26.3	26.1	26.3	26.3	26.7
Min	20.8	20.9	21.5	22.2	23.2	23.2	22.8	22.6	22.8	22.6	22.5	21.3	22.2
Max	31.8	32.4	33.0	32.9	31.3	30.5	30.7	30.6	30.0	29.7	30.2	31.3	31.2

Según el Cuadro anterior, la temperatura promedio mensual máxima es de 27.6 en el mes de abril, mientras que la mensual mínima se da en el mes de octubre siendo de 26.1 °C en la estación referida, lo que da como resultado una variación de 1.5° C.

Vientos

Los registros disponibles de velocidad del viento para el área de estudio sugieren el predominio de los Vientos Alisios en la estación seca, aunque también se presentan los Vientos Oestes Sinópticos y los Oestes Ecuatoriales.

Durante la estación seca, los Vientos Alisios soplan en la región en dirección norte a una velocidad promedio de 2.4 m/seg a 10 metros de altura y de 1 m/seg a 2 metros del suelo. Por otro lado, durante la estación lluviosa la velocidad del viento disminuye, siendo de 1.6 m/seg a 10 metros de altura y de 0.6m/seg a 2 metros de altura. El Cuadro N° 3.7 presenta la velocidad promedio del viento en m/seg medida, tanto a 10 como a 2 metros de la superficie del suelo.

Cuadro N° 3.7 - Velocidad promedio del viento en el área de estudio

Altura	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
10 m.	2.2	2.4	2.4	2.2	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.9	1.9
2 m.	0.9	1.0	1.0	1.0	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7

Humedad Relativa

Los valores de humedad relativa son elevados en la región, con un promedio anual de 78.3% y valores máximo y mínimo de 86.5% y 71.6% respectivamente. El mes con mayor humedad relativa es octubre con un máximo de 91%.

3.2.1.2 Geología y suelos

Debido a que la erosión de los suelos y su potencial de deslizamientos pueden influir significativamente en las distintas alternativas propuestas en el estudio, y considerando que estos factores están directamente relacionados con la composición mineralógica y la clasificación de los suelos que componen el área de estudio, fue necesario revisar algunos aspectos geológicos del área de estudio.

De acuerdo a la información recabada y de los resultados obtenidos, en la fase de la investigación de la geología de la costa y de los sitios propuestos para la construcción de las estaciones de bombeo y las plantas de tratamiento, es posible afirmar que no existe una condición geológica - geotécnica tan desfavorable como para impedir la factibilidad del proyecto de saneamiento de la ciudad y Bahía de Panamá. Sin embargo, durante el proceso de recolección y revisión de la información geológica existente, se pudo observar que la misma es escasa y con una descripción muy somera de las características geológicas geotécnicas de la masa de suelo y roca, lo que hace muy difícil e inseguro clasificar la roca para parametrizar los datos y observaciones de forma integrada, que permita evaluar y

seleccionar los métodos y medidas de construcción al momento llevar a cabo el diseño, excavación y soporte, por ejemplo, de obras subterráneas como un túnel interceptor costero.

Igualmente importante para definir la susceptibilidad de los suelos a la erosión y al deslizamiento fueron los resultados de espesores de capas y tipos de materiales registrados en los sondeos de línea que se realizaron en las áreas consideradas para la construcción de los elementos arriba descritos.

En base a los estudios geológicos y geotécnicos realizados en el área de influencia del proyecto se realizó un análisis de la susceptibilidad a la erosión de los suelos, la cual se presenta en el Cuadro N° 3.8.

En general, los suelos en la cuenca del río Tocumen tienen una baja susceptibilidad a la erosión. En la cuenca del río Juan Díaz, por otro lado, en la parte alta el potencial erosivo es mayor, por lo que se deben considerar medidas de control de erosión tanto temporales como permanentes. En la cuenca del río Matías Hernández la susceptibilidad a la erosión es baja en el sitio considerado para las instalaciones de tratamiento.

Finalmente, en el sitio de la planta de tratamiento TR-3 no hay problemas de erosión de los suelos, mientras que en los sitios de las plantas TR-4 y TR-5 la susceptibilidad a la erosión es media. Sin embargo, en el caso de las plantas TR-4 y TR-5, dado que se encuentran en las márgenes del Canal de Panamá, se requiere especial consideración para el control de la erosión debido a los impactos de la sedimentación en el Canal.

Cuadro N° 3.8 - Potencial erosivo de los suelos en el área el estudio

Cuenca	Area	Estructura	Estratigrafía	Potencial Erosivo
Río Cabuya	1	Planta de tratamiento TR-1A	Capa vegetal = 0.00-0.50 m Limo arenoso = 0.50 m -	Susceptible a la erosión. Suelo con alta permeabilidad.
Río Tocumen		Planta de tratamiento TR-1B	Capa vegetal = 0.00 –0.40 m Limo arcilloso = 0.40-1.50m Arenisca fresca = 1.50 m -	Susceptibilidad media a la erosión. La capa de arenisca tiene menor susceptibilidad a la erosión.
Río Tocumen		Planta de tratamiento TR-1C	Capa vegetal = 0.0 –0.20 m Arcilla chocolate = 0.20 m	Baja susceptibilidad a la erosión.
Ríos Tapia – Tocumen		Planta de tratamiento TR-1D	Capa vegetal = 0.00-0.50m Arcilla roja = 0-50m -	Baja susceptibilidad a la erosión
Río Tapia		Planta de tratamiento TR-1E	Capa vegetal = 0.00-0.20 m Arcilla roja = 0.20m -	Baja susceptibilidad a la erosión
Río Juan Díaz	2	Planta de tratamiento TR-2	Capa vegetal = 0.00-0.50 m Arcilla roja = 0.50 m -	Baja susceptibilidad a la erosión

Cuenca	Area	Estructura	Estratigrafía	Potencial Erosivo
Río Juan Díaz-Río Naranjal		Planta de tratamiento TR-2C	Capa vegetal = 0.0 – 0.30 m Suelo arenoso = 0.30m -	Altamente susceptible a la erosión
Río Matías Hernández	3	Planta de tratamiento TR-3A	Material de relleno, caliche y basura	Baja susceptibilidad a la erosión
Río Matasnillo		Planta de tratamiento TR-3	Afloramiento de roca (aglomerado polimicto gris verdoso con fragmentos líticos variados)	No hay problemas de erosión
Río María Salas	4	Planta de tratamiento TR-4	Capa vegetal = 0.0 – 0.20	Susceptibilidad media a la erosión
Río Cárdenas	5	Planta de tratamiento TR-5	Capa vegetal = 0.0 – 0.30	Susceptibilidad media a la erosión

3.2.1.3 Usos del suelo

De acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano de las Areas Metropolitanas del Pacífico y del Atlántico (1997), el patrón de uso de suelo en el área metropolitana está dominado por el uso residencial, prevaleciendo el residencial de baja densidad alrededor de un núcleo urbano de actividad múltiple y de una zona de transición.

Debido a las limitaciones de expansión demográfica y uso del suelo impuestas por la antigua Zona del Canal, el área metropolitana se ha desarrollado hacia el este y hacia el norte. En el área periférica de la ciudad, especialmente hacia San Miguelito y Tocumen se ha dado un desarrollo no planificado, debido a la proliferación de asentamientos espontáneos. Estudios realizados indican que entre los años 1973 y 1995 las invasiones o asentamientos espontáneos “incrementaron la mancha urbana en un 400%, manifestándose en sectores desocupados de Tocumen, alrededor del aeropuerto, Pedregal, San Miguelito, las Cumbres y Chilibre” (Plan de Desarrollo Urbano de las Areas Metropolitanas del Pacífico y del Atlántico, 1997).

Se ha experimentado, por otro lado, un cambio gradual en la zonificación de uso del suelo de las áreas centrales de la ciudad de Panamá, tales como Bella Vista, San Francisco y Betania, áreas que antiguamente eran de uso residencial son convertidas a uso comercial y de servicios.

De acuerdo a las características de uso del suelo y actividades económicas en el área de estudio, se puede dividir la misma en seis zonas básicas bien diferenciadas: casco urbano original, zona central de la ciudad, zona intermedia, zona de suburbios, áreas revertidas y distrito de San Miguelito.

La zona del casco urbano original está compuesta por los corregimientos de San Felipe, Santa Ana, Chorrillo, Calidonia y Curundú. Estas áreas presentan un crecimiento demográfico bajo y un alto grado de deterioro de la infraestructura urbana, especialmente en términos de viviendas. Predomina el uso residencial de media y alta densidad en casas de vecindad y apartamentos. El sector de San Felipe ha sido declarado Patrimonio Histórico de la

Humanidad por la UNESCO y en la actualidad existe un programa de restauración y valorización del área con fines turísticos.

Esta zona alberga importantes instituciones gubernamentales tales como la Presidencia de la República, El Ministerio de la Presidencia, El Instituto Nacional de Cultura, los Correos Nacionales y el Municipio de Panamá.

Los corregimientos de Santa Ana, Calidonia y Curundú presentan una mezcla de uso residencial y comercial. El uso residencial predominante corresponde a casas de vecindad, de mediana y alta densidad con un alto grado de hacinamiento habitacional. El Estado panameño trata de resolver tal situación mediante un programa de renovación urbana para la eliminación y reemplazo de las estructuras obsoletas, las cuales presentan condiciones de insalubridad y riesgo para la vida de los residentes del área.

El corregimiento de Curundú es un sector que surgió producto de invasiones de precaristas, por lo que su uso es predominantemente residencial con viviendas improvisadas que no cuentan con los servicios básicos de alcantarillado sanitario.

La zona central de la ciudad está conformada por los corregimientos de Bella Vista, Bethania y San Francisco. La ubicación en el corregimiento de Bella Vista de importantes instituciones como la Universidad de Panamá, el Hospital de la Caja de Seguro Social, la zona bancaria e importantes hoteles como el Hotel El Panamá y el Hotel Continental contribuyeron a que el área entrara en un proceso acelerado de crecimiento. En el área central de este corregimiento se encuentra una zona de apreciable comercio que incluye bancos, compañías de seguros, oficinas públicas y profesionales, hoteles, restaurantes y centros comerciales.

Por otro lado, el corregimiento de San Francisco, predominantemente de uso residencial de mediana y baja densidad, ha experimentado cambios en la zonificación debido a la conversión hacia uso comercial y residencial de alta densidad. El área presenta en las arterias principales como Vía Porras y Calle 50 el desarrollo de áreas comerciales. En cuanto al uso institucional, el más sobresaliente es el Centro de Convenciones ATLAPA, al igual que el núcleo de escuelas y colegios secundarios que se encuentran a lo largo de la Vía Israel.

Bethania presenta un uso predominantemente residencial de mediana y baja densidad, con comercio urbano en las principales vías como lo son la Avenida Simón Bolívar, Avenida Ricardo J. Alfaro y Avenida de la Paz. Dentro de este corregimiento existen áreas industriales bien definidas que se ubican en los repartos industriales Los Angeles y San Cristóbal.

La zona intermedia está constituida por los corregimientos de Pueblo Nuevo, Parque Lefevre y Río Abajo. Esta área es de uso residencial de mediana y baja densidad, aunque últimamente está experimentando transformaciones al eliminarse viejas casas, dando paso a la construcción de edificios de apartamentos y condominios. Existen pequeños comercios urbanos a lo largo de las arterias principales como son la Vía España, Avenida 12 de Octubre, Vía Simón Bolívar, Vía Cincuentenario y Avenida José Agustín Arango.

La zona de los suburbios está ubicada hacia el este de la ciudad y comprende los corregimientos de Juan Díaz, Pedregal y Tocumen. Estos son predominantemente de uso residencial, con la característica de ciudades dormitorio. De éstos corregimientos, Juan Díaz es el que presenta mayor índice de crecimiento urbano, con uso residencial de baja densidad, constituido por urbanizaciones o barriadas. El área donde se encuentra el Hipódromo

Presidente Remón, La Piscina Olímpica y el Estadio Romel Fernández constituye el uso institucional más importante del corregimiento.

El corregimiento de Pedregal presenta un uso residencial de baja densidad, con excepción del barrio de San Joaquín, de mediana densidad, constituido por edificios de apartamentos de bajo costo construidos por el Ministerio de Vivienda. El corregimiento de Tocumen presenta un uso residencial de baja densidad. Este corregimiento cuenta con un área de uso industrial localizada a lo largo de la Vía Domingo Díaz o Vía Tocumen. Cuenta también con el Aeropuerto Internacional de Tocumen.

En cuanto a las áreas revertidas, éstas incluyen la antigua Zona del Canal, que revirtió a Panamá con la ejecución de los Tratados Torrijos-Carter, firmados en 1977. Exceptuando el área de operación del Canal de Panamá, el resto del área es de uso residencial. Actualmente la Autoridad de la Región Interoceánica, que tiene la responsabilidad de administración de estas áreas por un tiempo perentorio, ha sometido a licitación o concurso de precios la venta de estas áreas. De las mismas, el área de Albrook cuenta con un sector residencial importante, pero también se han destinado áreas para uso comercial e industrial, con la planificación del Centro Comercial Los Pueblos No. 2 y zonas procesadoras para la exportación.

La zona del Distrito de San Miguelito, constituida por los corregimientos: Victoriano Lorenzo, Mateo Iturralde, Amelia Denis de Icaza y Belisario Porras, presenta un uso residencial de baja densidad. Predomina en esta zona la vivienda unifamiliar, con una falta de planificación urbana en su mayoría.

Realizando un análisis por cuenca hidrográfica, se puede concluir que la cuenca que presenta menor nivel de ocupación urbana es la cuenca del río Tocumen, donde en su parte alta se dan actividades agrícolas y pecuarias. También en la parte baja de la cuenca de este río se dan cultivos en terrenos pertenecientes a la Facultad de Agronomía de la Universidad de Panamá. La cuenca del río Juan Díaz experimenta una rápida conversión a uso urbano, como producto de urbanizaciones desarrolladas en su parte media y alta. En lo que respecta a las cuencas de los ríos Matías Hernández, Río Abajo y Curundú, estas se encuentran casi completamente urbanizadas.

El patrón de usos del suelo en las cuencas hidrográficas que se encuentran en el área del proyecto ha sido un factor importante en la definición de las alternativas de localización de sitios de tratamiento de las aguas residuales, ya que se imponen importantes limitaciones de espacio físico.

3.2.1.4 Recursos hídricos

Cuencas hidrográficas

- Cuenca del río Tocumen

El río Tocumen tiene su nacimiento a una altitud de 500 metros sobre el nivel del mar, hacia el sur de Cerro Azul. Su ubicación geográfica se encuentra entre los 9° 03' y 9° 10' de Latitud Norte y 79° 22" y 79° 23' de Longitud Oeste. Limita al norte con Cerro Azul, al sur con la bahía de Panamá, al este con la cuenca del río Tapia y al oeste con la cuenca del río Cabra. La cuenca tiene una forma angosta y alargada de norte a sur. La

longitud del cauce principal es de 20.9 kilómetros y el área de drenaje de la cuenca es de 3,537.86 hectáreas. Este río atraviesa terrenos de poca ocupación humana en la actualidad, hasta llegar al área urbanizada de Tocumen. Corre luego paralelo al Aeropuerto Internacional de Tocumen, atravesando campos de cultivo, para desembocar en zona de manglar en la bahía de Panamá. Sus principales afluentes son: el río Aguacate, con una longitud de .803 kilómetros, río Tagarete con 4.8 km., quebrada Las Palmas, con 2.6 km. y quebrada Las Mañanitas con 6.15 km. Las cuencas hidrográficas del área de estudio se muestran en la Figura 2.2.

- Cuenca del río Tapia

La ubicación geográfica de esta cuenca corresponde a las coordenadas 9° 03' y 9° 08' de Latitud Norte y 79° 27' de Longitud Oeste. Tiene su nacimiento en las faldas del Cerro Bandera. La cuenca del río Tapia tiene una forma alargada, siguiendo dirección Suroeste, para luego verter sus aguas en el río Tocumen, el cual desemboca en la Bahía de Panamá. Sus principales afluentes son: la quebrada Salsipuedes y la quebrada Mañanitas.

El río Tapia sirve de límite natural a los corregimientos de Pedregal, Juan Díaz y Tocumen. Limita al norte con la cuenca del río Caraño y con la parte alta de la cuenca del río Tocumen; al sur y al este con la cuenca del río Tocumen y al oeste con la cuenca del Río Juan Díaz. Tiene una longitud de 17.2 kilómetros y un área de drenaje de 21.3 Km² hasta su confluencia con el río Tocumen. Es una fuente de agua permanente, con pendiente moderada en toda su longitud.

La topografía de la cuenca del río Tapia es accidentada en su parte alta, favoreciendo un escurrimiento rápido de las aguas superficiales, dando como resultado bajos tiempos de concentración y aumento en las probabilidades de crecidas.

- Cuenca del Río Juan Díaz

Está ubicada hacia el sudeste de la provincia de Panamá, entre las coordenadas 9° 01' y 9°12' de Latitud Norte y 79°25' y 79°33' de Longitud Oeste. Limita al norte con la cuenca del Río La Cascada, al sur con la Bahía de Panamá, al este con las cuencas de los ríos Tapia y Tocumen y al oeste con las cuencas de los ríos Matías Hernández y Río Abajo. Nace en Cerro Azul, a una altitud de 691 metros sobre el nivel del mar. Sus principales afluentes son los ríos Las Lajas, María Prieta, Naranjal, Palomo, la Quebrada Espavé y la Quebrada Malagueto.

La cuenca tiene un área de drenaje de 144.6 Km², siendo la cuenca hidrográfica más grande de las que atraviesan el distrito de Panamá en la dirección Norte-Sur. La topografía de la cuenca es accidentada, estando el relieve compuesto por colinas y cerros bajos, tales como Cerro Bartolo, Cerro Santa Cruz, Cerro El Brujo, Cerro Batea, Cerro Viento y Cerro Bandera. Tiene numerosas cascadas en la cuenca alta, lo cual favorece el rápido escurrimiento de las aguas superficiales y bajos tiempos de concentración.

Una característica importante de esta cuenca es la formación de meandros en su parte baja debido a la erosión y deposición de sedimentos. Aunque en su parte alta existe aún vegetación abundante, la cuenca sufre un proceso acelerado de urbanización, contando en la actualidad un área urbanizada de 22% del área total de la cuenca. Este rápido proceso de urbanización causa impactos importantes sobre la hidrología de la cuenca, ya que se disminuye el área de bosque, reemplazándola por áreas impermeables de

viviendas, carreteras e instalaciones industriales los que aumentan el coeficiente de escurrimiento superficial, disminuyendo el tiempo de concentración y por lo tanto aumentando las probabilidades de aumentos de caudales pico con los consiguientes problemas de inundaciones.

- Cuenca del río Matías Hernández

Esta cuenca se encuentra localizada entre las cuencas de los ríos Juan Díaz y Río Abajo. Tiene un área de drenaje de 2,062 hectáreas y su cauce principal tiene una longitud de 28 kilómetros. Su principal afluente es la quebrada Palomo. Es una cuenca que se encuentra altamente urbanizada, en su parte media y alta por barriadas de interés social como Samaria. En su parte media ha sufrido un rápido cambio en el uso del suelo durante la última década como resultado de urbanizaciones en las áreas aledañas a La Pulida, como es el caso de Villa Lucre. Presenta un drenaje pobre en su parte baja debido a la topografía plana, lo que ha ocasionado serios problemas de inundaciones en las urbanizaciones tales como Chanis. Actualmente se ha urbanizado la parte baja de la misma con el desarrollo de Costa de Este, que consta tanto de áreas de uso residencial como de uso comercial e industrial. También se han dado cambios en el uso del suelo en su parte baja como resultado de la construcción del Corredor Sur.

- Cuenca del Río Abajo

La cuenca del Río Abajo está situada al noroeste de la ciudad de Panamá, entre las coordenadas 9°00' de Latitud Norte y 79°29' y 79°33' de Longitud Oeste. Limita al Norte con las cuencas del Río Las Lajas y de la Quebrada Santa Rita, al Sur con la Bahía de Panamá, al Este con la cuenca del Río Matías Hernández y al Oeste con las cuencas de los ríos Mocambo y Curundú. Sus principales afluentes son el Río Gallinero y la Quebrada Monte Oscuro.

La cuenca tiene una forma alargada, con un área de drenaje de 23.4Km². El punto más alto de la cuenca está a 275 metros sobre el nivel del mar. El relieve de la cuenca es variado, más accidentado en su parte alta y más plano en su parte baja.

- Cuenca del Río Matasnillo

La cuenca del río Matasnillo se encuentra situada hacia el centro de la ciudad de Panamá. El cauce principal tiene una longitud de 7.45 kilómetros y tiene su nacimiento cerca de la Policlínica de la Caja de Seguro Social en Betania. Es una de las de menor área de drenaje del área metropolitana. Su desembocadura se encuentra en el área de Paitilla. Esta cuenca se encuentra completamente urbanizada, atravesando vías principales del área metropolitana como lo son: la Vía Brasil, Vía España y Calle 50. En su parte media y baja se ha canalizado y revestido su cauce.

- Cuenca del río Curundú

El río Curundú corre en dirección norte a oeste y tiene su nacimiento en el corregimiento de Ancón, hacia el norte del Campus Dr. Víctor Levi Sasso de la Universidad Tecnológica de Panamá, a una elevación estimada entre los 75 y 80 metros sobre el nivel del mar. Tiene una longitud de 10.74 kilómetros y es una corriente permanente en la mayoría de su curso, con pocos afluentes de importancia. En la cuenca del río Curundú se encuentran las Urbanizaciones Villa de las Fuentes No.2, Altos del Chase, Villa Soberanía, La Alameda, Dos Mares, La Locería, y la barriada Viejo Veranillo. En su parte baja, el río es

conducido mediante un ducto subterráneo de 2 kilómetros de longitud, para desembocar a aproximadamente 2 kilómetros del muelle 18 en el Canal de Panamá.

Calidad de agua de los ríos

Para determinar la calidad de agua de los ríos en el área de estudio se realizaron recorridos a lo largo de todo el curso de los ríos, se analizaron los usos de suelo en las cuencas, las descargas de aguas residuales domésticas e industriales y se realizaron muestreos en la parte baja de la cuencas incluyendo análisis de calidad física, química y bacteriológica. Estos muestreos y análisis se realizaron en la época seca, meses de febrero y marzo de 1999. En base a estas informaciones se describen las condiciones existentes en la actualidad.

Con el fin de actualizar la información existente y tener una idea más clara del grado de contaminación de los ríos que desembocan en la bahía de Panamá, se realizó un plan de muestro que incluyó 9 ríos: Río Abajo, Curundú, Farfán, Juan Díaz, Matasnillo, Matías Hernández, Tapia, Tocumen y Venado. Sólo se incluyó un sitio de muestreo para cada río, por cuestiones económicas. La selección de los sitios de muestreo y los parámetros a ser evaluados fueron oportunamente coordinados con personal del Ministerio de Salud.

A continuación se presentan en el Cuadro N° 3.9 los resultados obtenidos.

Cuadro N° 3.9 - Análisis de calidad de agua de los ríos, muestreos realizados por CESOC

Parámetro	Río Abajo	Río Curundú	Río Farfán	Río Juan Díaz	Río Matasnillo	Río Matías Hernández	Río Tapia	Río Tocumen	Río Venado
PH	6.20	8.25	7.26	6.90	5.32	6.80	6.98	7.60	5.20
Turbiedad (UNT)	24.0	69.10	37.80	16.10	91.50	22.25	13.10	5.60	21.00
Sólidos totales (mg/l)	376.0	1340.0	1040.0	224.0	480.0	300.0	248.0	236.0	6644.0
S. Suspendidos (mg/l)	104.0	148.0	56.0	48.0	124.0	84.0	76.0	76.0	204.0
S. filtrables (mg/l)	272.0	1200.0	984.0	176.0	356.0	216.0	172.0	160.0	6440.0
Cloruros (mg/l)	50.0	30.0	499.0	120.0	100.0	100.0	160.0	11.0	2500.0
Conductividad	357.0	644.0	1138.0	203.0	372.0	302.0	197.0	129.0	6660.0
Alcalinidad (mg/l)	300.0	480.0	240.0	220.0	300.0	260.0	280.0	240.0	340.0
Temperatura (°C)	28.2	30.1	29.6	28.4	30.2	25.5	28.5	28.2	28.3
O. Disuelto (mg/l)	1.4	0.0	5.4	1.6	0.0	1.9	4.0	7.0	5.0
Carbono Orgánico total (mg/l)	22.0	32.0	22.0	19.0	38.0	26.0	29.0	12.0	21.0

Parámetro	Río Abajo	Río Curundú	Río Farfán	Río Juan Díaz	Río Matasnillo	Río Matías Hernández	Río Tapiá	Río Tucumén	Río Venado
Compuestos Halogenados totales (mg/l)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Benceno, Tolueno y Xileno (mg/l)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PCB's	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tricloroetileno (mg/l)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Arsénico (mg/l)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DBO5 (mg/l)	11.0	420.0	1.0	10.0	130.0	52.0	15.0	3.0	1.0
DQO (mg/l)	180.0	786.0	6.0	179.0	574.0	250.0	87.0	7.0	6.0
Aceites y grasas (mg/l)	30.0	6.0	14.0	6.0	40.0	8.0	14.0	4.0	24.0
Coliformes fecales (UFC/100 ml)	25X104	50X106	30	17X102	50X105	20X103	50X104	50X102	70
Coliformes totales (UFC/100 ml)	12X104	20X107	100	70X104	40X105	90X104	50X104	20X103	2X102
Fosfato total (mg/l)	1.1	1.1	0.02	0.4	3.1	1.8	1.0	0.7	0.02
Nitrógeno NH4 (mg/l)	3.5	2.1	0.7	3.5	11.2	9.1	2.8	3.15	0.7
Nitrógeno NO3 (mg/l)	8.5	18.0	13.0	9.0	17.0	8.5	9.0	10.0	8.3
Nitrógeno NO2 (mg/l)	2.0	0.0	3.0	1.0	0.0	1.0	2.0	3.0	0.0
Nitrógeno N (mg/l)	4.5	14.6	1.1	4.5	13.4	16.8	3.4	3.4	1.1
Mercurio (ug/l)	0.1	0.12	0.05	0.1	0.12	0.18	0.14	0.1	0.21
Zinc (mg/l)	0.12	0.1	0.07	0.08	0.08	0.05	0.02	0.05	0.0
Cobre (mg/l)	0.06	0.05	0.04	<0.03	0.04	<0.03	<0.03	<0.03	0.04
Níquel (mg/l)	0.08	0.05	0.05	0.0	0.05	0.0	0.0	0.0	0.05
Cromo (mg/l)	<0.05	0.5	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Cadmio (mg/l)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Plomo (mg/l)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

De los resultados anteriores se concluye que los ríos con más alto grado de contaminación son los ríos Curundú, Matasnillo, Matías Hernández, Juan Díaz y Río Abajo. En los ríos Curundú y Matasnillo el oxígeno disuelto es inexistente en los puntos de muestreo (0.0 mg/l). Por otro lado, los ríos Abajo, Juan Díaz y Matías Hernández presentan concentraciones de oxígeno disuelto de 1.4, 1.6, y 1.9 mg/l respectivamente. Los valores de DBO encontrados

corroboran la situación con respecto al grado de contaminación de los ríos estudiados. El río Curundú presenta una DBO de 420 mg/l, siendo la más alta registrada para los nueve ríos, seguido del río Matasnillo con 130mg/l, Matías Hernández, con 52 mg/l y Tapia con 15mg/l. Los demás ríos presentan valores inferiores a los 15 mg/l.

En cuanto a la contaminación de tipo patogénico, los ríos que presentan mayor nivel de contaminación, evidenciado por los resultados de la prueba de coliformes fecales son los ríos Curundú con una concentración de coliformes fecales de 50×10^6 colonias/100 ml, seguido del río Matasnillo con 50×10^5 , Tapia con 50×10^4 y Río Abajo con 25×10^4 .

- Río Tocumen

El río Tocumen es uno de los ríos que tiene mejores condiciones de calidad de agua, debiéndose al hecho de que es la cuenca menos desarrollada desde el punto de vista urbanístico. A la altura del puente sobre la Carretera Panamericana las aguas de este río son cristalinas, siendo indicio de una buena calidad física. (Foto 3.1) La calidad del agua disminuye en forma gradual a medida que el río pasa a través de áreas más desarrolladas, corriente abajo. En su parte media recibe descargas de los sistemas de tratamiento de las urbanizaciones Las Américas, Ciudad Belén, Santa Eduvigis y Santa Teresita, consistentes todas de tanques sépticos. Sin embargo, el agua del río aún muestra una relativa buena calidad cuando se observa cerca del extremo sur de la pista del aeropuerto (Foto 3.2). El río pasa luego adyacente a campos de cultivo y herbazales, donde los aportes de contaminantes de origen humano son insignificantes.

Los muestreos de calidad de agua para el río Tocumen, realizados por el Consorcio, corresponden a un punto ubicado hacia el sur del aeropuerto, cerca a las áreas de cultivo y pastizales. Los resultados se encuentran en el Cuadro N° 3.7. Los valores de DBO, oxígeno disuelto y coliformes fecales fueron, respectivamente: 3 mg/l, 7 mg/l 5.00×10^2 NMP/100 ml. Estos valores indican una buena calidad del agua, capaz de soportar ecosistemas acuáticos y no representa un riesgo a la salud humana.

- Río Tapia

El Río Tapia y su principal tributario, la quebrada Las Mañanitas, exhiben ambos aguas de relativamente pobre calidad en la porción urbanizada de las áreas de drenaje. La parte media del río presenta un alto grado de contaminación, el cual se evidencia en la foto 3.3, tomada a la altura del puente en la avenida José María Torrijos. En la misma foto se puede observar la coloración negruzca del agua del río y la proliferación de material flotante, además la descarga del efluente industrial sin tratamiento procedente de la Compañía Panameña de Aceites. Otras de las industrias que descargan sus efluentes a este río incluyen: Vidrios Panamá S.A., Harinas del Istmo, Sarasqueta y Compañía, Tzanetatos y Helados Walls.

Este río recibe en su parte baja descargas de efluentes de los sistemas de tratamiento de las urbanizaciones Don Bosco, Los Caobos, Teremar, Villa Catalina entre otros, los cuales son sistemas de tanques sépticos. Tanto las descargas industriales como las domésticas degradan en forma significativa las aguas de este río, ya que, como se ha señalado anteriormente,, estudios realizados por la Universidad Tecnológica de Panamá han indicado que los sistemas de tanques sépticos y tanques Imhoff existentes en la periferia de la ciudad de Panamá tienen una eficiencia de remoción muy baja debido a la falta de mantenimiento de los mismos.

A continuación se muestra información histórica de calidad de agua del río Tapia.

Cuadro N° 3.10 - Calidad de agua del Río Tapia (16/4/1990)

No.	Sitio de muestreo	Temperatura (°C)	PH	Oxígeno disuelto (mg/l)	DBO (mg/l)	Coliformes totales/100 ml.
1	Cueca alta del río aprox. A 3 km. aguas arriba de Las Mañanitas	25	7.89	7.10	0.90	>240
2	Aguas arriba de la comunidad de San Joaquín	26	7.7.3	5.20	2.53	>240
3	Aguas abajo de la descarga de la comunidad de San Joaquín	26	7.56	4.90	1.33	>240
4	Urbanización Montería	27	7.28	1.80	12.80	>240
5	Aguas abajo del puente sobre la Vía Domingo Díaz	29	8.10	2.50	24.00	>240
6	Antes de la confluencia con el río Tocumen	26	7.35	0.80	35.00	>240

Fuente: Haayen y Caballero, 1990-Universidad Tecnológica de Panamá

En el caso de los muestreos realizados por el Consorcio, las muestras de calidad de agua en el río Tapia se recolectaron en el punto donde el corredor sur lo intersecta. Los resultados se muestran en el Cuadro N°3.8 y los mismos indican que la DBO tiene en este punto un valor de 15mg/l, el oxígeno disuelto es de 2mg/l y los coliformes fecales, 5.00E+04 NMP/100 ml. Estos valores indican una mayor degradación si los comparamos con los obtenidos en el río Tocumen. El valor de O₂ es apenas capaz de sostener ecosistemas acuáticos y la concentración de coliformes fecales indica que este río, en el punto analizado, representa un peligro para la salud, no siendo apta para contacto primario o secundario.

- Río Juan Díaz

El Río Juan Díaz exhibe buena calidad de aguas en su parte alta, donde aún es utilizado para la recreación por bañistas del área (Foto 3.4). La parte alta del río cuenta con vegetación y está relativamente poco desarrollada desde el punto de vista urbanístico. Sin embargo, la calidad del agua se deteriora significativamente a medida que el río pasa por áreas desarrolladas. Aguas arriba de la urbanización Praderas de San Antonio, ya recibe descargas industriales, como se puede observar en la foto 3.5. A partir de este punto hacia aguas abajo recibe diversas descargas de aguas residuales industriales sin tratamiento y aguas residuales domésticas. Entre las industrias que descargan a este río se incluyen: Productos Blue Ribbon, Bonlac S.A., Acero Panamá, PAMETSA, Metalquímica, Polymer Extruction, Tenería el Progreso, Tenería Tauro, Productos Borden, AVICONSA, Macello y Cuadernos Escolares.

A continuación se presenta en los Cuadro N°s N° 3.11 a 3.14 información histórica de la calidad de agua del río Juan Díaz.

Cuadro N° 3.11 - Calidad de agua del río Juan Díaz (02/02/89)

Parámetros de calidad de agua		Estaciones de muestreo		
Parámetro	Unidad de Medición	Puente Viejo, aguas abajo de la Vía José A. Arango	Puente sobre la Vía Domingo Díaz	Aguas arriba de la Tenería Tauro
PH	Valor en escala 0-14	7.33	7.3	7.37
Turbiedad	UNIT _{formazín}	8.0	3.5	1.3
Sólidos totales	mg/l	150.0	185.0	117.0
Sólidos suspendidos	mg/l	15.6	9.82	10.7
Dureza total	mg/l como CaCo3	88.0	96.0	90.0
Alcalinidad total	mg/l como CaCO3	84.0	78.0	74.0
Cloruros	mg/l	S/D	S/D	S/D
Sulfatos	mg/l	3.8	13.9	3.5
Oxígeno disuelto	mg/l	2.41	3.65	5.72
DBO	mg/l	74.0	34.0	0.68

Fuente: IRHE, Departamento de Hidrometeorología

Cuadro N° 3.12 - Calidad de agua del Río Juan Díaz (01/09/91)

Parámetros de calidad de agua		Estaciones de muestreo		
Parámetro	Unidad de Medición	Puente Viejo, aguas abajo de la Vía José A. Arango	Puente sobre la Vía Domingo Díaz	Aguas arriba de la Tenería Tauro
PH	Valor en escala 0-14	7.4	7.62	7.88
Turbiedad	UNIT _{formazín}	S/D	S/D	S/D
Sólidos totales	mg/l	160.0	180.0	148.0
Sólidos suspendidos	mg/l	21.3	9.8	9.51
Dureza total	mg/l como CaCo3	76.0	72.0	70.0
Alcalinidad total	mg/l como CaCO3	80.0	76.0	70.0
Cloruros	mg/l	2.4	7.1	3.7

Parámetros de calidad de agua		Estaciones de muestreo		
Parámetro	Unidad de Medición	Puente Viejo, aguas abajo de la Vía José A. Arango	Puente sobre la Vía Domingo Díaz	Aguas arriba de la Tenería Tauro
Sulfatos	mg/l	6.5	7.8	2.9
Oxígeno disuelto	mg/l	4.88	6.05	6.93
DBO	mg/l	S/D	S/D	S/D

Fuente: IRHE, Departamento de Hidrometeorología

Cuadro N° 3.13 - Calidad de agua del Río Juan Díaz (01/03/92)

Parámetros de calidad de agua		Estaciones de muestreo		
Parámetro	Unidad de Medición	Puente Viejo, aguas abajo de la Vía José A. Arango	Puente sobre la Vía Domingo Díaz	Aguas arriba de la Tenería Tauro
PH	Valor en escala 0-14	7.22	8.0	7.25
Turbiedad	UNIT _{formazín}	S/D	S/D	S/D
Sólidos totales	mg/l	494.0	196.0	152.0
Sólidos suspendidos	mg/l	3.98	2.26	2.78
Dureza total	mg/l como CaCo3	109.0	81.0	71.0
Alcalinidad total	mg/l como CaCO3	98.0	106.0	80.0
Cloruros	mg/l	180.0	25.0	20.0
Sulfatos	mg/l	19.1	15.4	5.1
Oxígeno disuelto	mg/l	0.2	0.0	4.2
DBO	mg/l	S/D	S/D	S/D

Fuente: IRHE, Departamento de Hidrometeorología

Cuadro N° 3.14 - Calidad de agua del Río Juan Díaz (01/04/93)

Parámetros de calidad de agua		Estaciones de muestreo		
Parámetro	Unidad de Medición	Puente Viejo, aguas abajo de la Vía José A. Arango	Puente sobre la Vía Domingo Díaz	Aguas arriba de la Tenería Tauro
PH	Valor en escala 0-14	7.41	7.79	7.51
Turbiedad	UNIT _{formazín}	S/D	S/D	S/D
Sólidos totales	mg/l	182.0	188.0	186.0
Sólidos suspendidos	mg/l	8.4	15.9	12.5
Dureza total	mg/l como CaCO ₃	90.0	90.0	85.0
Alcalinidad total	mg/l como CaCO ₃	112.0	106.0	98.0
Cloruros	mg/l	19.1	14.2	14.5
Sulfatos	mg/l	6.9	13.8	5.2
Oxígeno disuelto	mg/l	1.08	0.69	4.13
DBO	mg/l	S/D	S/D	S/D

Fuente: IRHE, Departamento de Hidrometeorología

Algunos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas que descargan en el río Juan Díaz incluyen los tanques sépticos de las urbanizaciones Praderas de San Antonio, Nueva California, y San Antonio. En su parte baja recibe las descargas sin tratamiento del matadero Macello, la cual degrada aún más la calidad del agua del río (Foto 3-6).

En este río, los muestreos realizados por CESOC corresponden a un punto inmediatamente aguas arriba del corredor sur y los resultados se encuentran en el Cuadro N° 3.7. Según los resultados de los análisis, la DBO₅ en este punto es de 10mg/l, el oxígeno disuelto es de 1.6 mg/l y los coliformes fecales, 1.7E+03 NMP/100 ml. La DBO presenta mejores condiciones que en el río Tapia, sin embargo, el valor de oxígeno disuelto no es capaz de sostener vida acuática con excepción de microorganismos anaerobios. Es importante anotar que el punto de muestreo se encuentra a poca distancia aguas abajo de la descarga del efluente del matadero Macello y la industria AVICONSA.

- Río Matías Hernández

El río Matías Hernández se encuentra contaminado en toda su extensión, en la cuenca alta recibe descargas de barriadas de interés social como Samaria y Torrijos Carter. En estas barriadas se observa la acumulación de desechos sólidos depositados en el cauce (Foto 3.7). El río recibe descargas de efluentes de tanques sépticos de las urbanizaciones Barriada Industrial, Cerro Batea, Cerro Cocobolo, y los Caciques, mientras que su principal afluente, el río Palomo recibe las descargas de los tanques sépticos de las

barriadas Altos de Hipódromo, Colinas del Golf, El Crisol, Dorasol, Los Almendros, el Pináculo y San Pedro. A la altura de la urbanización La Pulida, el río presenta un alto grado de contaminación, tal como se observa en la foto 3.8. Aguas abajo de este punto las condiciones de calidad disminuyen aún más hasta su desembocadura.

A continuación se muestra en el Cuadro N° 3.13 datos históricos de la calidad de agua del río Matías Hernández

Cuadro N°3.15 - Calidad de agua del río Matías Hernández (22/02/84)

Parámetros de calidad de agua		Estaciones de muestreo			
Parámetro	Unidad de Medición	Samaria	Vía Domingo Díaz	Ave José Agustín Arango	Calle de acceso al antiguo crematorio
PH	Valor en escala 0-14	7.68	7.82	7.71	8.02
Turbiedad	UNIT _{formazín}	5.30	2.70	2.00	85.0
Sólidos totales	mg/l	222	104	190	33380
Sólidos suspendidos	mg/l	21.40	8.82	12.40	204.00
Cloruros	mg/l	7.8	25.8	25.0	----
Oxígeno disuelto	mg/l	4.49	7.11	4.44	4.19
DQO	mg/l	6.08	5.49	5.69	6.68
DBO	mg/l	S/D	9-07	9.48	7.52
Coliformes tot.X1000	Col/100 ml	920	190	200.0	S/D
Coliformes FecalesX1000	Col/100 ml.	90	12.00	5.50	S/D

Fuente: IRHE, Departamento de Hidrometeorología

Cuadro N°3.16 - Calidad de agua del río Matías Hernández (26/10/88)

Parámetros de calidad de agua		Estaciones de muestreo			
Parámetro	Unidad de Medición	Samaria	Vía Domingo Díaz	Ave José Agustín Arango	Calle de acceso al antiguo crematorio
PH	Valor en escala 0-14	7.50	7.34	7.35	7.22
Turbiedad	UNIT _{formazín}	3.50	3.40	2.30	27.0
Sólidos totales	mg/l	104	170	190	15980
Sólidos suspendidos	mg/l	8.80	9.20	12.40	81.8
Cloruros	mg/l	15.7	125.3	2.30	27.0
Oxígeno disuelto	mg/l	5.39	3.04	3.53	1.67
DQO	mg/l	9.21	6.08	4.90	11.20
DBO	mg/l	S/D	S/D	S/D	3.55
Coliformes tot.X1000	Col/100 ml	290.0	310.0	140.0	S/D
Coliformes FecalesX1000	Col/100 ml.	50.0	170.0	74.0	540.00

Fuente: IRHE, Departamento de Hidrometeorología

Las muestras para la determinación de la calidad de agua del río Matías Hernández, que realizó CESOC, se tomaron aguas abajo de la avenida José Agustín Arango y se obtuvieron los siguientes resultados: $DBO_5 = 52\text{mg/l}$, $OD = 1.9\text{ mg/l}$ y coliformes fecales = $2.00\text{E}+4\text{ NMP/100 ml}$ (ver Cuadro N° 3.7). Estos valores indican que este río presenta un grado de contaminación mayor que los ríos Tocumen, Tapia y Juan Díaz en su parte baja. Las condiciones existentes en este río limitan cualquier tipo de uso y representan un problema estético y de riesgo a la salud humana.

- Río Abajo

El Río Abajo encuentra en su parte alta urbanizaciones como Santa Bárbara, Altos de Panamá, Condado del Rey, Fuente del Fresno y otras, las cuales cuentan con sistemas de tratamiento primario de las aguas residuales, descargando sus efluentes al río. La Foto 3.9 muestra las condiciones del Río Abajo adyacente a la Urbanización Fuente del Fresno. El grado de contaminación aumenta en su recorrido, y en su parte media recibe descargas de aguas residuales tanto domésticas como industriales.

Algunas de las industrias existentes en la cuenca del río son: Barraza y Cía, Conservas Panameñas Selectas, Empacadora Avícola S.A., Industrias Lácteas S.A., Pinturas Sur de Panamá, Plásticos Modernos, Productos Lux, S.A. y Productos Zimex. En el puente sobre la vía Simón Bolívar, la coloración del río es oscura, existen problemas de malos olores y se evidencia la presencia de desechos sólidos en el cauce del río. La Foto 3.10 muestra las condiciones del río aguas abajo de la carretera Transistmica.

A continuación se presenta información histórica de la calidad de agua del Río Abajo

Cuadro N° 3.17 - Calidad de agua del Río Abajo (11/09/91)

Parámetros de calidad de agua		Estaciones de muestreo	
Parámetro	Unidad de medición	Puentes de la Vía España	Vía Cincuentenario-Puente del Rey
PH	Valor en escala 0-14	7.45	7.5
Turbiedad	UNIT _{formazín}	S/D	S/D
Sólidos totales	mg/l	234.0	270.0
Sólidos suspendidos	mg/l	1.56	4.12
Dureza total	mg/l como CaCo3	132.0	144.0
Alcalinidad total	mg/l como CaCO3	134.0	146.0
Cloruros	mg/l	12.0	25.1
Sulfatos	mg/l	11.0	13.0
Oxígeno disuelto	mg/l	3.71	4.1
DBO	mg/l	S/D	S/D
Coliformes totales	Col./100 ml.	S/D	S/D
Coliformes fecales	Col./100 ml.	89,000	820,000

Fuente: IRHE, Departamento de Hidrometeorología

Cuadro N° 3.18 - Calidad de agua del Río Abajo (11/03/92)

Parámetros de calidad de agua		Estaciones de muestreo	
Parámetro	Unidad de medición	Puentes de la Vía España	Vía Cincuentenario-Puente del Rey
PH	Valor en escala 0-14	7.37	7.39
Turbiedad	UNIT _{formazín}	S/D	S/D
Sólidos totales	mg/l	318.0	323.0
Sólidos suspendidos	mg/l	1.54	3.17
Dureza total	mg/l como CaCo3	133.0	120.0
Alcalinidad total	mg/l como CaCO3	158.0	158.0
Cloruros	mg/l	60.0	70.0
Sulfatos	mg/l	11.0	11.6
Oxígeno disuelto	mg/l	2.78	1.6
DBO	mg/l	S/D	S/D
Coliformes totales	Col./100 ml.	S/D	S/D
Coliformes fecales	Col./100 ml.	1,600,000	110,000

Fuente: IRHE, Departamento de Hidrometeorología

Cuadro Nº 3.19 - Calidad de agua del Río Abajo (30/03/93)

Parámetros de calidad de agua		Estaciones de muestreo	
Parámetro	Unidad de medición	Puentes de la Vía España	Vía Cincuentenario-Puente del Rey
PH	Valor en escala 0-14	7.41	7.48
Turbiedad	UNIT _{formazín}	S/D	S/D
Sólidos totales	mg/l	238.0	282.0
Sólidos suspendidos	mg/l	23.9	27.4
Dureza total	mg/l como CaCo3	134.0	139.0
Alcalinidad total	mg/l como CaCO3	154.0	160.0
Cloruros	mg/l	25.5	39.4
Sulfatos	mg/l	10.3	14.3
Oxígeno disuelto	mg/l	0.8	0.7
DBO	mg/l	S/D	S/D
Coliformes totales	Col./100 ml.	S/D	S/D
Coliformes fecales	Col./100 ml.	2,700,000	4,400,000

Fuente: IRHE, Departamento de Hidrometeorología

Cuadro Nº 3.20 - Calidad de agua del Río Abajo (27/04/94)

Parámetros de calidad de agua		Estaciones de muestreo	
Parámetro	Unidad de medición	Puentes de la Vía España	Vía Cincuentenario-Puente del Rey
PH	Valor en escala 0-14	7.92	7.82
Turbiedad	UNIT _{formazín}	S/D	S/D
Sólidos totales	mg/l	250.0	524.0
Sólidos suspendidos	mg/l	S/D	S/D
Dureza total	mg/l como CaCo3	130.0	158.0
Alcalinidad total	mg/l como CaCO3	150.0	141.0
Cloruros	mg/l	14.2	154.0
Sulfatos	mg/l	13.4	7.4
Oxígeno disuelto	mg/l	2.2	1.0
DBO	mg/l	S/D	S/D
Coliformes totales	Col./100 ml.	3,000,000	600,000
Coliformes fecales	Col./100 ml.	540	120,000

Fuente: IRHE, Departamento de Hidrometeorología

Para la actualización de la información sobre calidad de agua, el Consorcio tomó muestras de agua en el puente de la vía Cincuentenario, obteniéndose una concentración de DBO_5 igual a 11mg/l. oxígeno disuelto igual a 1.4 mg/l y coliformes fecales de $2.50\text{E}+05$ NMP/100 ml (ver Cuadro N°3.9). Estos valores indican un alto grado de contaminación, especialmente en cuanto a la contaminación bacteriológica del agua.

- Río Matasnillo

Este río presenta un alto grado de contaminación en su parte media y baja. Entre la Vía España y Calle 50 aún presenta una buena apariencia física, con aguas cristalinas y la existencia de ecosistemas acuáticos con especies como sardinas. A la altura de la calle 50 se hace evidente la contaminación de río por descargas de aguas residuales. Esto causa la desaparición de los peces y le da a las aguas una apariencia turbia, con la presencia de olores desagradables. Las industrias que contribuyen alto grado de contaminación del río incluyen: Embutidos y Conservas de Pollo, General Mills, Frigorífico Mangrafor, Harinas Panamá S.A. Extrucciones Metálicas, Productos Pascual, Kraft Food, Panamerican Orange Crush, CocaCola de Panamá, Pastas Alimenticias La Imperial, Productos Kiener, Cervecería Barú, Panamá, Panificadora La Favorita, Industrias Panamá Boston y Swift and Company Inc.

En su desembocadura en la Bahía de Panamá, contiguo al Colegio San Agustín, las aguas están fuertemente contaminadas, presentando un problema estético y de riesgo a la salud humana (Foto 3.11). El fuerte olor indica condiciones de descomposición anaerobia de la materia orgánica existente en el río.

Para el análisis de la calidad de agua de este río se tomaron muestras en un punto localizado en el tramo que corre entre Calle 50 y la Avenida Balboa. El valor de DBO_5 obtenido fue de 130mg/l, el oxígeno disuelto, 0 mg/l y la concentración de coliformes fecales, $5.00\text{E}+06$. Estos valores indican que este es uno de los ríos con más alto grado de contaminación, donde la concentración de DBO indica que existe muy poca dilución de los efluentes de aguas residuales domésticas e industriales con alto contenido de materia orgánica que descargan al mismo.

- Río Curundú

En el nacimiento del río Curundú, aguas arriba del campus Dr. Víctor Levi Sasso de la Universidad Tecnológica de Panamá, el curso del río es intermitente y no presenta problemas de contaminación. El área se encuentra cubierta de vegetación y en el tramo que atraviesa los terrenos de la Universidad Tecnológica se tiene contemplado en los planes de desarrollo del Campus, la protección de los bosques de galería existentes. El río se comienza a definir mejor y tiene algo de flujo en la vecindad de la Vía De La Amistad. La calidad del agua es buena, evidenciada por la presencia de peces (Foto 3.12).

La calidad del agua permanece de relativamente buena calidad hasta la Vía El Dorado. A la altura de la Locería, el río recibe diversas descargas de efluentes industriales incluyendo la Cervecería Nacional, Laboratorios Prieto, Baterías Nacionales S.A. Molino Panameño de Papel, Levapan de Panamá, Sémolas de Panamá y , Papelera Istmeña S.A.. La Foto 3.13 muestra las condiciones del río Curundú a la altura del Hospital Santa Fe.

En este punto se realizó el muestreo de calidad de agua, obteniéndose una concentración de DBO₅ de 420mg/l, oxígeno disuelto de 0 mg/l y coliformes fecales igual a 5.00E+07 NMP/100 ml (Ver Cuadro N° 3.9). Según los resultados obtenidos, la cantidad de materia orgánica en el río en términos de DBO presenta peores condiciones que un agua residual doméstica sin diluir, lo que indica que la contribución de las descargas industriales con alto contenido de materia orgánica es significativa. Por otro lado, valores de oxígeno disuelto de 0.0 indican que existen condiciones de degradación anaerobia, con la consecuente producción de malos olores. Los valores de coliformes fecales en el punto estudiado indican que las aguas de este río representan un alto riesgo de incidencia de enfermedades de origen hídrico.

3.2.1.5 Oceanografía

Como parte del estudio se realizaron tres campañas oceanográficas con el fin de conocer la situación actual de contaminación de la bahía, así como la diversidad de especies bentónicas y planctónicas existentes. Los objetivos específicos de las campañas oceanográficas fueron los siguientes:

- Promover el conocimiento preliminar de los aspectos principales de la circulación de las aguas marinas en la Bahía de Panamá, verificando las causas determinantes y situaciones típicas cuanto a las estratificaciones de temperatura, salinidad y, consecuentemente, de densidad y conductividad, en estas aguas marinas.
- Realizar una caracterización preliminar de los aspectos físico-químicos, biológicos y bacteriológicos.

3.2.1.6 Calidad del aire

La calidad del aire en la ciudad de Panamá se ha deteriorado progresivamente como resultado del aumento en el tráfico vehicular, ya que la primera causa de los niveles actuales de contaminación del aire en el área de estudio son las fuentes móviles.

Los contaminantes convencionales del aire tienen un efecto negativo sobre la salud humana y los ecosistemas naturales. Algunos son agentes carcinógenos y otros pueden causar intoxicaciones agudas o crónicas dependiendo de las concentraciones alcanzadas en el aire.

Mediante la Ley No. 36 del 17 de mayo de 1996 se le da al Instituto Especializado de Análisis de la Universidad de Panamá la responsabilidad de establecer una red de monitoreo de la calidad del aire en toda la República de Panamá. En la actualidad existen cinco estaciones de monitoreo en el área metropolitana, que registran los niveles o concentración de los siguientes contaminantes del aire: NO₂, plomo, SO₂ y partículas. Las estaciones se encuentran localizadas en sitios de alta concentración de tráfico como lo son: puente de San Miguelito, Urbanización Chanis, Vía España, urbanización Las Sabanas, Vía Transístmica cerca de la Universidad de Panamá y Pedregal.

Los resultados de las mediciones realizadas durante el año 1,997 indican que los niveles de algunos contaminantes sobrepasan los límites máximos establecidos por la Organización Panamericana de la Salud. A continuación se presenta, en el Cuadro N° 3.19 y en la Gráfica 3.1., los resultados de las mediciones de NO₂ en cada una de las estaciones de monitoreo.

Cuadro N° 3.21 - Concentraciones promedio mensuales de NO₂, año 1997

Estación	Concentraciones promedio mensuales de NO ₂ (mg/l)												
	Ene.	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Jun.	Jul.	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Universidad de Panamá	77	91.2	69.1	71.9	69.5	67.4	75.8	55	49.6	49.9	55.5	100	69.33
San Miguelito	115.5	103.5	134.5	66.2	132.1	81.6	111.9	86.5	64.5	43.9	39.6	73	87.77
Vía España-Las Sabanas	65.4	63.2	61.1	51.6	63.9	63.9	62.6	57	35.9	56.4	38.7	94	59.51
Pedregal	48.5	40.9	78.75	35.2	37.3	45.8	32.4	40.5	43.2	48.5	39.5	42	44.37
Chanis	82.8	89.2	50.3	63.2	56.2	56.5	50.7	42.2	54.5	33.9	39.5	69	57.31
Total del promedio	77.84	77.6	78.75	57.62	71.8	63.04	66.68	56.24	49.54	46.52	42.56	66	63.66

El límite máximo permisible de NO₂ establecido por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) es de 40 µg/m³. Los valores promedio mensuales de NO₂ sobrepasan el anterior límite. En cuanto a las concentraciones de material particulado con diámetro menor a 10 micrómetros (PM₁₀), los resultados son mostrados en el Cuadro N° 3.22 y Gráfica 3.2.

Gráfica 3.1. Concentraciones de NO₂ para el año 1997

Gráfica 3.2. Concentraciones de PM10 para 1997

Las partículas menores de 10 micrómetros (PM10) son una de las principales causas de la alta incidencia de enfermedades respiratorias en los seres humanos. El promedio de las concentraciones registradas en 1997 indica que sobrepasa la norma de la Organización Panamericana de la Salud, la cual es de 50 microgramos por metro cúbico.

Cuadro N° 3.22 - Concentraciones mensuales de PM₁₀ , año 1997

Estación	Concentraciones promedio mensuales de PM ₁₀ (mg/l)												
	Ene.	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Jun.	Jul.	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Universidad de Panamá	44.8	62.1	85.5	60.2	61.1	67.2	78.3	67.9	80.1	81	81	79.4	70.72
San Miguelito	80.4	75.5	74.3	83.8	79.9	94.6	95.1	95.9	113.9	115.2	123	68.9	91.72
Vía España-Las Sabanas	35.9	54.6	56.7	48.2	61.7	84.2	92	86.8	73	84.8	60	78.1	68
Pedregal	63.5	46.9	53.8	64.97	46.9	58.2	97.2	65.1	58.2	68	105	118	70.48
Chanis	51.7	73.8	58.2	67.7		43.4	83.4	67.7	47.8	75	111	60.2	67.26
Total del promedio	55.26	62.6	65.7	64.97	62.4	69.52	89.2	76.68	74.6	84.8	96	80.92	73.55

Para las concentraciones de plomo, la Organización Panamericana de la Salud especifica un límite máximo permisible de 1µg/m³. Sin embargo, el valor promedio para los puntos de monitoreo en la ciudad de Panamá es de 1.58 µg/m³, sobrepasando la norma. La situación actual de la calidad del aire en el área metropolitana de Panamá, tal como ha sido evidenciada en los datos mostrados previamente, se encuentra deteriorada, y este deterioro continúa en aumento toda vez que cada día aumenta el número de automóviles que transitan por sus calles. Por tal motivo, es preciso establecer normas para el control de emisiones tanto de fuentes móviles, como de fuentes estacionarias.

3.2.1.7 Ruido

De acuerdo a mediciones realizadas por el consultor en diferentes puntos de la ciudad de Panamá, específicamente en sitios adyacentes a vías principales, los niveles de ruido oscilan entre los 75 a 85 decibeles en la escala A (DBA). Para tales mediciones se utilizó un medidor digital con un rango de medición de 50-126 dB y una precisión de ±2 dB. En los sitios seleccionados para la instalación de las plantas de tratamiento, los niveles de ruido actuales son mucho menores, del orden de 60-65 dBA.

3.2.1.8 Desechos sólidos

Un estudio de la situación de los residuos sólidos en el área de estudio fue presentado en Informes anteriores por el Consorcio, por lo que aquí solamente incluimos un resumen de los aspectos de mayor importancia desde el punto de vista ambiental.

El problema de la insuficiente recolección de los desechos sólidos domésticos generados en cada uno de los corregimientos, ha sido reconocido por las propias comunidades como uno de los principales causantes de condiciones de insalubridad y riesgo de enfermedades. Es evidente el deterioro ambiental que se observa en toda el área, muy especialmente en los corregimientos de Río Abajo, Parque Lefevre, Juan Díaz, Tocumen, Pedregal y Veracruz en el Distrito de Panamá y en todos los corregimientos del Distrito de San Miguelito.

En estos corregimientos se encuentra una gran cantidad de botaderos clandestinos de residuos sólidos, dando como resultado la proliferación de desechos por las calles sin ningún control. Adicionalmente, todos los ríos que se encuentran en el área del Plan Maestro, son utilizados para arrojar residuos tanto en las riberas de los mismos como en sus cauces. Este último fenómeno ocasiona la contaminación directa de las aguas de estos ríos y consecuentemente a la bahía. Otro de los efectos negativos de la disposición de los desechos en los cauces es la disminución de la capacidad hidráulica de éstos, lo que provoca que durante las crecidas se produzcan inundaciones, sobre todo en las partes bajas de las cuencas de los ríos Juan Díaz, Matías Hernández, Río Abajo y Tapia.

En los corregimientos de la periferia de la Ciudad de Panamá como Veracruz, Tocumen, Pedregal y Juan Díaz y en el Distrito de San Miguelito, se encuentran desechos colocados en pequeños y medianos botaderos o acopios, este fenómeno es más notorio en los sectores cuyo nivel de urbanización es bajo o inexistente. Si bien la DIMA ha colocado grandes contenedores en algunos lugares alrededor de éstos hay basuras esparcidas.

La mayoría de estos vertederos ilegales son pequeños, sin embargo, existen varios que tienen cantidades realmente impresionantes, como son los casos de los vertederos clandestinos que se encuentran al sur de la Ciudad Radial en Juan Díaz y cercano al Corredor Sur y el que se encuentra cerca de la entrada a la Urbanización Los Nogales, por la Antigua carretera central a Chepo en el Corregimiento de Tocumen. La cantidad de desechos en cada uno de estos sitios es de aproximadamente 15 toneladas.

La producción de basura por persona en la ciudad de Panamá es elevada si se compara con países de la región. De acuerdo al Estudio Integral de los Residuos Sólidos de 1982-1983(*1) da un resultado global de una ppc de 0.864 Kg/hab./día para la Ciudad de Panamá. Por otro lado, de acuerdo al Estudio para la Gestión de los Desechos Sólidos de 1995-1996 (*2) da un resultado global de una ppc de 1.23Kg/hab./día para la Ciudad de Panamá. Por otro lado que la producción diaria de desechos sólidos para el año 2,000 en el Distrito de Panamá será de 532 toneladas diarias, mientras que en el distrito de San Miguelito será de 237.88 toneladas diarias.

En Panamá no se ha desarrollado un estudio sistemático de los residuos peligrosos en general, sin embargo actualmente se está realizando un estudio de consultoría para investigar acerca de estos tipos de residuos, además de considerar los aspectos institucionales de los servicios de aseo urbano y de la normatización de los residuos sobre todo de los peligrosos. Los residuos peligrosos pueden tener su origen en las industrias químicas y agroquímicas y en las instalaciones de salud.

Durante el período de 1994 a 1998, en la República de Panamá se llevó a cabo una investigación financiada por la Unión Europea, de los residuos sólidos generados en las instalaciones de salud, sobre todo los biológicos infecciosos. Los resultados de esta investigación indican que, en los principales hospitales de la Ciudad de Panamá se producen diariamente 10.00 ton. de desechos sólidos totales y aproximadamente 3.00 ton. de desechos

biológico infecciosos. En el Programa financiado por la Unión Europea también se realizó una consultoría sobre el sistema de tratamiento para estos desechos y su impacto ambiental de una instalación de esta naturaleza; en el caso de Panamá, el estudio recomendó el enterramiento sanitario de seguridad.

Como producto de las recomendaciones del Programa de la Unión Europea, se ha podido iniciar en Panamá un mejoramiento en el manejo de los desechos sólidos hospitalarios(DSH), que ha consistido básicamente en : capacitación a nivel nacional y de todo el personal involucrado en las actividades relacionadas con la generación, manejo y transportación internos, el almacenamiento temporal, el transporte externo y el tratamiento final de los DSH. Se hizo un estudio de legislación para conocer los asideros legales que permitiesen la formulación de leyes y reglamentaciones en materia de DSH. Además se realizó un estudio de factibilidad para analizar diversas alternativas de tratamiento final de los DSH, como se indicó en el párrafo anterior.

Actualmente, se está implementando la segregación de los desechos en el lugar de origen(salas de cirugía, laboratorios, etc.); se construyen depósitos temporales en varios hospitales de la Ciudad de Panamá, públicos y privados; un camión especializado con refrigeración está por iniciar la recolección de los desechos hospitalarios peligrosos para ser transportados a una área especial en el relleno sanitario de Cerro Patacón, previamente seleccionada para el enterramiento de éstos.

Igualmente, para reglamentar el manejo de los DSH, el 17 de abril de 1996, el Ministerio de Salud (MINSa) aprueba la resolución 02212, en la misma se definen los residuos sólidos hospitalarios peligrosos, sus componentes y obligatoriedad de recolección segregada, transporte en camiones exclusivos y disposición separada de los residuos comunes.

En cuanto a la recuperación y reciclaje de los objetos y materiales que tiene algún valor comercial o industrial, esta es una actividad muy activa en la Ciudad de Panamá. Actualmente existe un reciclaje de manera informal y formal de los residuos, se pueden identificar en cinco modalidades a saber: los segregadores callejeros, los recolectores de la DIMA, los pepenadores en el relleno, los compradores en el relleno y los recicladores o recolectores privados.

Los productos para los cuales existe un mercado en Panamá son: el vidrio claro, ámbar, verde y corrugado, el papel blanco, periódicos, cartón corrugado y el aluminio. En el siguiente Cuadro N° 3.23 se muestra la lista de las industrias que se dedican a esta actividad y los precios de compra.

Cuadro N° 3.23 - Empresas recicladoras y precios de compra por productos

Empresa	Material	Precio de compra(B/.)
1.Vidrios y Aluminios Meléndez	Vidrio claro	10.00/tanque
“ “	Vidrio corrugado	10.00/tanque
2.Vidrios Panameños	Vidrio claro	45.00/ton.
“ “	Vidrio ámbar	40.00/ton,

Empresa	Material	Precio de compra(B/.)
“ “	Vidrio verde claro	35.00/ton
“ “	Vidrio verde oscuro	30.00/ton.
3.Reciclando, S.A	Todos los tipos	40.00/ton
4.Industrias de reciclaje de Panamá(RYDSA)	Latas y envases de aluminio	0.12-0.30/lb
5.Procesos Metálicos	Latas y envases de aluminio	“” “”
6.Reciclando,S:A	Latas y envases de aluminio	“” “”
7.Panametal	Latas y envases de aluminio	“” “”
8.Molino Panameño de Papel	Papel blanco sin impresión	0.20/lb
“” “”	Papel de computadora	0.10/lb
“” “”	Papel blanco impreso	0.10/lb
“” “”	Tarjetas I:B:M	0.07/lb
9.MOLPASA	Papel periódico	25.00/ton
10. Moldeados Panameños, S.A	Papel periódico	0.01/lb
11.Industria de Reciclaje de Panamá, S.A	Cartón	0.10-0.15/cajas enteras
12. Fibras Panama, S:A	Cartón corrugado	0.01/lb o 20.00/ton.

Fuente: Estudio de Gestión de 1996(*!)

3.2.2 Condiciones de los componentes biológicos del ambiente

3.2.2.1 Biología terrestre

Metodología

Para la caracterización de la biología terrestre en el área de influencia del proyecto se realizaron diversas actividades que incluyen la recopilación de información secundaria, obtención de fotografías aéreas del área y fotointerpretación de las mismas y visitas a los sitios propuestos para las instalaciones de transporte y tratamiento de las aguas residuales.

Durante la fase de revisión bibliográfica se recopiló información secundaria disponible en diferentes instituciones relacionadas con el tema y área de interés.

Para el desarrollo del trabajo se obtuvieron fotos aéreas escala 1:25,000 del área de estudio, los mapas topográficos escala 1:50,000 y la literatura ubicada en la fase anterior. Se realizó

la fotointerpretación utilizando un estereoscopio y se dibujaron en papel de acetato las clases de vegetación y uso del suelo de acuerdo a lo solicitado, clasificándola en las siguientes categorías:

- Bosque primario
- Bosque secundario
- Manglar
- Herbazales y pastos
- Rastrojos y árboles dispersos
- Cultivos
- Poblados
- Lagos y cuerpos de agua

Se realizaron observaciones de campo, haciendo énfasis en los márgenes de los ríos que cruzan la ciudad, manglares, remanentes de bosque y el Parque Natural Metropolitano.

En base a la fotointerpretación se elaboró un mapa ecológico terrestre, identificando las áreas ocupadas por cada una de las categorías de bosque y hábitat señaladas arriba.

Se hizo el análisis de la caracterización de la flora, fauna, ecosistemas terrestres y aves migratorias del área de estudio. El enfoque fue sobre las áreas de bosque de galería, Parque Natural Metropolitano, remanentes de bosque, manglares y aves migratorias.

En cuanto a la información de aves migratorias, se recopiló información de la literatura disponible, debido a que esta no es la época de migración de aves y no se puede hacer la verificación en campo.

Basados en el análisis de la información a continuación se describen las diferentes categorías de vegetación y uso de suelo, y además se indican las especies de importancia, debido a que están protegidas por las leyes de vida silvestre, o a su estado de aves migratorias.

En la descripción que sigue a continuación, se utilizó la nomenclatura suministrada por el contratista. De allí la utilización del término bosque primario para designar un tipo de bosque de dosel alto. A pesar de lo que sugiere el nombre, estos bosques han estado sometidos a alteraciones periódicas desde la época prehispánica, sin embargo, ello no impide que sea el tipo de vegetación más desarrollado y mejor conservado en el área de estudio.

El bosque de galería no aparece en la clasificación debido a que no corresponde a un tipo de bosque bien diferenciado. Por un lado, no se puede distinguir del bosque primario o secundario que rodea los ríos del área de estudio, y por otro lado, los árboles que bordean las riberas de los ríos en los tipos de herbazal o rastrojos, sólo son remanentes del bosque original. En la ciudad, los ríos están franjeados por hileras de árboles que tampoco constituyen bosque de galería.

Bosque Primario

Las áreas de bosque primario están ubicadas hacia el oeste de la ciudad, en las proximidades de las áreas protegidas aledañas al canal, especialmente en el Parque Natural Metropolitano, la zona alrededor de la carretera Arraiján – Panamá, y en parte de las tierras revertidas en Fuerte Kobbe y la base aérea de Howard.

Este bosque es el más alto, con árboles que alcanzan hasta 30 m de altura. Las especies dominantes son típicas de bosques relativamente viejos, que han sufrido perturbaciones en el pasado, como espavé (*Anacardium excelsum*), guácimo colorado (*Luehea seemmannii*), jobo (*Spondias mombin*), cedro (*Cedrela odorata*), corotú (*Enterolobium cyclocarpum*), mangabé (*Schefflera morototoni*), palo de buba (*Jacaranda copaia*), cuipo (*Cavanillesia platanifolia*), zorro (*Astronium graveolens*), higuerón (*Ficus insipida*) y animé (*Tetragastris panamensis*).

Bajo el dosel hay varios estratos de árboles, entre los que sobresalen palmas como la palma real (*Attalea butyracea*) y maquenque (*Oenocarpus mapora*), y arbolitos de huesito (*Faramea occidentalis*), candelo (*Antirhea trichantha*) y *Casearia* sp. El sotobosque, o estrato de arbustos y hierbas menores de 5 m de altura, está dominado por numerosas especies de las familias Piperaceae (hinojos), Rubiaceae, Melastomataceae, Musaceae (platanillos) y Zingiberaceae (caña agria).

También las lianas y las epífitas son muy abundantes, con numerosas especies de cada grupo. Las más sobresalientes entre las lianas están en las familias Bignoniaceae, Fabaceae, Sapindaceae, Passifloraceae y Poaceae. Entre las epífitas, las familias mejor representadas son las orquídeas (Orchidaceae), bromelias (Bromeliaceae) y anturios (Araceae). También se encuentran numerosos helechos y especies de *Peperomia*.

En el bosque primario hay numerosas especies de importancia comercial para la producción de madera como cedro espino (*Bombacopsis quinata*), roble (*Tabebuia rosea*), cedro (*Cedrela odorata*), guayacán (*Tabebuia guayacan*) y zorro (*Astronium graveolens*).

La fauna es variada y es posible encontrar, con cierta dificultad, especies protegidas por Ley como el tigrillo (*Leopardus wieddii*), conejo pintado (*Agouti paca*), ñeque (*Dasyprocta punctata*), paisana (*Ortalis cinereiceps*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), tití (*Saguinus oedipus*), paloma escamosa (*Columba speciosa*), iguana (*Iguana iguana*) y boa (*Boa constrictor*).

A estos bosques, como en el resto del área central de Panamá, llegan algunas especies de aves migratorias como, reinita pechicastaña (*Dendroica castanea*), reinita collareja (*Wilsonia canadensis*) pibí boreal (*Contopus borealis*), mosquerito verdoso (*Empidonax virescens*), vireo ojirrojo (*Vireo olivaceus*) y tångara veranera (*Piranga rubra*).

Bosque Secundario

El bosque secundario está distribuido por toda la periferia de la ciudad, contiguo al bosque primario. Las especies más comunes en el bosque secundario son jobo (*Spondias mombin*), guarumo (*Cecropia peltata*), higuerón (*Ficus insipida*), candelo (*Antirhea trichantha*), jordancillo (*Trema micrantha*), capulín (*Muntingia calabura*), guácimo colorado (*Luehea seemmannii*), balso (*Ochroma pyramidale*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), indio desnudo (*Bursera simaruba*), malagueto hembra (*Xylopia frutescens*) y poro poro (*Cochlospermum vitifolium*).

La altura de este bosque es mucho menor que la del bosque primario, y generalmente alcanza los 10-15 m. Bajo el dosel no hay estratos arbóreos definidos y el sotobosque es muy enmarañado. La cantidad de especies de arbustos y de hierbas es menor que la del bosque primario, aunque ambos tipos de bosque comparten algunas de las especies ecológicamente más tolerantes, como los hinojos (*Piper* spp.), platanillos (*Heliconia* spp.) y varias especies de rubiáceas (*Psychotria* spp., *Alibertia edulis*).

En estos bosques las lianas son más numerosas que en el bosque primario, pero están menos desarrolladas; y las epífitas son numerosas, sin embargo, corresponden a pocas especies. La familia de epífitas más conspicua es la Araceae, con numerosas especies de *Philodendron*, *Monstera* y *Syngonium*.

La fauna del bosque secundario es más pobre que la del bosque primario, aunque también pueden encontrarse muchas especies protegidas por Ley, como ñeque, gato solo (*Nasua narica*), mono tití, iguana y boa.

Aquí también llegan numerosas especies de aves migratorias, como pibí boreal (*Contopus borealis*), mosquerito verdoso (*Empidonax virescens*) y vireo ojirrojo (*Vireo olivaceus*).

Manglar

El manglar está distribuido en las costas cercanas a la desembocadura del río Juan Díaz, en la entrada del canal, cerca de las instalaciones del puerto de Balboa, y en el área de Farfán y Kobbe. De estos manglares, la zona más extensa es la de Juan Díaz.

El manglar de la parte central de la costa del Pacífico panameño es de menor altura que los manglares de Darién y de la bahía de Parita, con apenas unos 10-20 m de altura. La composición de estos manglares no es uniforme, con mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) dominando en los manglares de Juan Díaz y de Farfán, y mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en los manglares de Kobbe y la entrada del canal. Además de estas especies también se pueden encontrar mangle negro (*Avicennia bicolor*), mangle botón (*Conocarpus erectus*) y mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*).

Otras especies asociadas al manglar en casi todos los sitios son el helecho negra jorra (*Acrostichum aureum*), la liana *Phryganoydia phellosperma* y algunas epífitas como las orquideas *Brassavola nodosa* y *Catasetum viridiflavum*, y la bromelia *Tillandsia flexuosa*.

La fauna del manglar es variada, pero la mayor cantidad de especies corresponde al grupo de las aves, con sólo algunas especies de mamíferos y de reptiles. En esta vegetación no hay anfibios presentes. De estas especies, diez están consideradas en peligro de extinción y protegidas por ley, como el gato manglatero (*Procyon lotor* y *Procyon cancrivorus*), el loro de frente amarilla (*Amazona ochrocephala*) y la iguana (*Iguana iguana*).

Las especies migratorias son numerosas, con 17 especies, entre ellas la reinita protonotaria (*Protonotaria citrea*), la reinita pechicastaña (*Dendroica castanea*), el bolsero norteño (*Icterus galbula*) y el pibí oriental (*Contopus virens*).

Herbazales y Pastos

Los herbazales y pastos que se encuentran en el área de estudio están localizados principalmente en las afueras de la ciudad, en áreas contiguas a urbanizaciones, a trabajos de infraestructura vial, o a explotaciones agropecuarias abandonadas.

La especie dominante en los herbazales es la paja canalera (*Saccharum spontaneum*), especie exótica, que por sus características de crecer hasta los 4-5 m de altura y de desarrollarse agresivamente, impide el crecimiento de casi todas las especies pioneras nativas, a excepción de algunas plantas de guarumo (*Cecropia peltata*), capulín (*Muntingia calabura*) y balso (*Ochroma pyramidale*).

En los herbazales la fauna es menos variada que en los otros tipos de vegetación, y el grupo con mayor número de especies. La torcaza (*Columba cayennensis*) y la iguana (Iguana iguana) son las únicas especies protegidas que se encuentran en los herbazales.

Por otro lado, entre las especies migratorias, se encuentran cinco especies, pibí oriental (*Contopus virens*), bolsero norteño (*Icterus galbula*), bolsero castaño (*Icterus spurius*), golondrina común (*Hirundo rustica*) y golondrina pechifajada (*Riparia riparia*).

Rastrojos y árboles dispersos

Los rastrojos y árboles dispersos también se encuentran por toda la periferia de la ciudad y en muchos sectores donde se han abandonado lotes de terreno. Muchas de los sectores de rastrojos están situados junto a parches de bosque secundario y herbazales.

Esta vegetación es baja y está dominada por arbustos o árboles jóvenes de especies pioneras. Ocasionalmente se encuentran árboles aislados de hasta 15 m de altura, pero generalmente son de menor altura. La arbustos más comunes son capulín (*Muntingia calabura*), poro poro (*Cochlospermum vitifolium*) y arbolitos de guarumo (*Cecropia peltata*) y guácimo colorado (*Luehea seemmannii*).

En esta clase de vegetación también se encuentran especies migratorias, como la lanilla azul (*Passerina cyanea*) y las especies encontradas en las clases de vegetación contiguas. Igualmente las especies protegidas por ley son las mismas de las clases de vegetación contiguas, especialmente los herbazales y el bosque secundario.

Cultivos

Esta clase de uso de suelo se encuentra en el sector este de la ciudad, hacia Pacora, donde las áreas planas cercanas a la costa son utilizadas para la siembra de arroz (*Oryza sativa*). Antiguamente gran parte de este sector estaba sembrado de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), pero este cultivo fue reemplazado por el de arroz a mediados de la década pasada.

Por las características de este cultivo, la riqueza de especies es baja y la vegetación no alcanza gran altura. Generalmente las especies presentes son las malezas propias de este cultivo.

La fauna es pobre y consiste principalmente de aves que sobrevuelan el área, pero que residen en las clases de vegetación aledañas, como manglar, herbazales, rastrojos y bosque secundario. Una de las especies silvestres más comunes en los cultivos es el güichichi (*Dendrocygna autumnalis*), que junto a otras especies de patos, llegan a los humedales de La Jagua, situados entre la desembocadura del río Tocumen y el río Bayano.

En esta clase de vegetación no hay especies migratorias, excepto las que llegan desde las clases de vegetación cercanas.

Fauna protegida

En la mayor parte del área de estudio que todavía retiene algo de vegetación natural, exceptuando posiblemente a los cultivos, es posible encontrar algunas especies de fauna protegida por las leyes de vida silvestre. En la mayor parte de los casos son aves o roedores pequeños, que pueden sobrevivir en sitios alterados, siempre que no sean perseguidos constantemente por su carne, piel o para mascotas.

De estas especies, algunas de las más tolerantes son la torcaza (*Columba cayennensis*), el ñeque (*Dasyprocta punctata*), el gato solo (*Nasua narica*), el loro de frente amarilla (*Amazona ochrocephala*) y la boa (*Boa constrictor*). Estas especies son tolerantes a alteraciones del medio y pueden encontrarse en casi todos los tipos de vegetación presentes en el área de estudio. Algunas veces, incluso pueden ser vistas en sectores de la ciudad donde no hay extensiones apreciables de áreas verdes, como los barrios de San Felipe o Río Abajo.

En cambio, otras especies son más sensibles a las alteraciones de su medio o su presencia es menos tolerada, como el lagarto (*Crocodylus acutus*), el babillo (*Caiman crocodilus*) y el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*). Por su elección de hábitats específicos (bosque primario y manglar), son muy vulnerables a cambios en su entorno y pueden ser afectados por impactos de intensidad moderada.

Aves migratorias

Las aves que migran todos los años hacia el trópico, provenientes del hemisferio norte, ocupan una gran variedad de hábitats, y pueden encontrarse desde zonas urbanas con áreas verdes extensas, como la Universidad de Panamá (González y López, 1997), hasta zonas de bosques bien conservados como el Parque Natural Metropolitano (Aparicio y Pérez, 1996) o los manglares de Juan Díaz (Brooks y Riley, 1988; Farrugia y Ponce, 1986). Sin embargo, el trabajo de Watts (1998) indica que para las aves playeras migratorias, el área de la Bahía de Panamá, es decir, desde los manglares de Juan Díaz hasta la costa de Chimán, es uno de los mayores centros de reunión de aves playeras en Centroamérica, y que la mayor parte de esas aves (80%) se concentran en los primeros 30 km. de la costa al este de la ciudad de Panamá. Además la Sociedad Audubon de Panamá indica en un desplegable acerca de los manglares de la bahía de Panamá, que aproximadamente el 50% de la población mundial de los playeros occidentales (*Callidris mauri*), migra y se alimenta en la franja de fangales que van desde la ciudad hasta la desembocadura del río Bayano.

Áreas protegidas

Panamá es uno de los sitios del trópico donde se puede encontrar bosques relativamente poco perturbados cerca de una gran ciudad. En su periferia está el Parque Natural

Metropolitano y en la parte norte, próximo al canal, el Parque Nacional Camino de Cruces se encuentra cerca de las poblaciones de Pedro Miguel y Paraíso. Estos parques, a pesar de poseer gran proporción de bosques alterados, sirven de refugio y albergan una gran cantidad de especies silvestres protegidas y de aves migratorias, y cualquier actividad de desarrollo que pueda afectarlos suele provocar reacciones en la ciudadanía. La prueba más reciente fue el paso del Corredor Norte por el Parque Natural Metropolitano. Por ello, cualquier trabajo que incluya la remoción de vegetación y reubicación de fauna en las áreas protegidas, debe ser evitado hasta donde sea posible. El caso específico del río Curundú, es la única fuente natural de agua para la fauna del Parque Natural Metropolitano, especialmente en la estación seca. A pesar que es la única fuente de agua, se ha reportado en varios informes los altos niveles de contaminación de este río.

Por otro lado, la Sociedad Audubon, basada en varios trabajos y observaciones de sus miembros (Watts, 1998) está impulsando la declaración de la zona de manglares y fangales entre el río Juan Díaz y el río La Maestra (en Chimán), como un Humedal de Importancia Internacional, incluido en la Convención de Ramsar. Esto es algo que también está indicado en el documento de Agüero y González (1998) sobre el ordenamiento de los manglares de Juan Díaz.

Estas propuestas se deben tomar en cuenta al momento de decidir la ubicación de infraestructuras que pueden alterar este hábitat, tanto en la fase de construcción, como en la fase de operación del proyecto propuesto. Es importante revisar y considerar el documento "Normas para el Control y Desarrollo del Sector Manglares del Corregimiento Juan Díaz", producido por el Ministerio de Vivienda en 1979, para la toma de decisión en la ubicación de las plantas de tratamiento.

Cartografía de la cobertura boscosa y uso del suelo

La Figura 3.2 presenta la cartografía de la cobertura vegetal del área del proyecto. Entre los habitats de mayor importancia en el área están los manglares de Juan Díaz, el Parque Natural Metropolitano y el Parque Camino de Cruces.

3.2.2.2 Biología marina

Caracterización de la calidad del agua de la bahía

a) Datos de la bibliografía existente

La caracterización de las condiciones de agua de un futuro cuerpo receptor es de fundamental importancia en la evaluación de los posibles impactos y alteraciones que ocurrirán con la implantación de las obras propuestas. En este caso, se trata de la bahía de Panamá, en el área que va desde Veracruz hasta la proximidad de la desembocadura del río Tocumen.

Figura 3.2 – Mapa Ecológico Terrestre

Esta región, dada la proximidad de la ciudad de Panamá y la ausencia de un sistema de alcantarillado sanitario completo, recibe los aportes de las aguas residuales producidas en la ciudad, en forma cruda, a través de los ríos que desaguan en la bahía, bien como directamente por descargas directas de las tuberías existentes.

La bahía presenta cambios estacionales en sus condiciones hidrológicas como consecuencia de la asociación de factores geográficos, climatológicos y oceanográficos.

Dos estaciones distintas son reconocidas para la región, el periodo de lluvias, que va de mayo a diciembre y el periodo de sequía, de enero a abril. Estas estaciones, junto con la ocurrencia de afloramiento de aguas profundas, que ocurre entre los meses de enero a abril (estación seca con vientos del nordeste), provocan cambios de temperatura, salinidad y concentraciones de nutrientes en el agua de la bahía. El periodo de lluvias se caracteriza por temperaturas elevadas (26 a 28°C), que ya llegaron a 29,8°C. Con relación a la salinidad, son frecuentes durante el periodo de lluvias valores inferiores a 30 0/00 , de los cuales, pueden llegar a menos de 25 0/00 en los meses de mayor pluviosidad, septiembre a noviembre. El periodo de sequía se caracteriza por temperaturas en torno de 21°C, ya habiendo llegado a 16.7°C y salinidad entre 32 a 35 0/00.

Las concentraciones de nutrientes son más elevadas en el periodo de sequía, con valores de fosfatos en torno de 2 µg atom/l, en cuanto que en el de lluvias se encuentran concentraciones del orden de 0.5 µg atom/l (D'Croz et. al.1991). El autor encontró correlaciones negativas y altamente significativas ($p < 0.0001$) entre la temperatura, salinidad y concentración de fosfato, atribuyendo este resultado al afloramiento de aguas profundas de la bahía. Asociado a este evento ocurre un aumento de la productividad primaria en la masa de agua, siendo este aumento el que sustenta la pesca de la anchoveta en la bahía. Becerra y Ortiz (1985) encontraron concentraciones de 1 a 2.5 µg atom/l para el fosfato y 3 µg atom/l para el nitrato al inicio de la estación de lluvias, disminuyendo a lo largo de la estación para 0.3 a 0.8 µg atom/l (fosfato) y 0.5 a 2.0 µg atom/l (nitrato). El autor destaca que estas concentraciones pueden atribuirse al aporte de aguas del drenaje pluvial, una vez que investigaciones anteriores presentaron concentraciones de nutrientes en los ríos de la región, muy superiores a las del Golfo de Panamá.

El área de estudio presentó en noviembre de 1985, concentraciones de nitrógeno inferiores a 0.19 mg/l en las aguas próximas a la isla Flamenco, hasta concentraciones superiores a 0.30 mg/l en la desembocadura del río Matasnillo. En esta misma ocasión, las concentraciones de oxígeno disuelto (OD) cerca de río Matasnillo fueron inferiores a 0.20 mg/l en el interior de la bahía, los valores no sobrepasan 4.0 mg/l de OD.

Otro aspecto relacionado con la masa de agua en la bahía es que, en la estación de lluvias no se detecta una estratificación térmica, o sea, hay, una masa de agua relativamente caliente desde la superficie hasta el fondo , observándose, también, bajos valores de salinidad, concentración de nutrientes y de clorofila a. El OD en el agua del fondo estuvo alrededor de 5ppm . (D'Croz et. al.1991).

El Cuadro Nº 3.24 muestra los valores típicos de los parámetros analizados según la bibliografía disponible.

Cuadro N° 3.24 - Caracterización de la masa de agua, en las estaciones seca y lluviosa

Variables Ambientales	Estación Seca (enero a abril)	Estación Lluviosa (mayo a diciembre)
Temperatura del agua (°C)	21 a 25	26 a 29
Salinidad (0/00)	32 a 35	< 30
Fosfato (µg atom/l)	1	0,5
Nitratos (µg atom/l)	2	0,5 a 2
OD (mg/l)	2 a 4 (*)	2 a 4 (*)
Estratificación de la columna de agua	presente	ausente

Fuente: D'Croz et. al.(1991) y Becerra y Ortiz (1985). () los valores corresponden a una distribución espacial, y parecen no estar relacionados con cuestiones temporales.*

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en la faja costera que va desde Amador a Boca la Caja es superior a 4ppm, mientras que junto al río Matasnillo se encontraron valores superiores a 6ppm. La demanda química hasta las cercanías de la isla Flamenco, estuvo cerca de 2ppm y próximo al Matasnillo se detectaron valores superiores a 10 ppm. Las concentraciones de sólidos suspendidos en la bahía son extremadamente altas junto a la costa , con valores superiores a 90 ppm, siendo que en dirección al mar abierto en el alineamiento con la isla Flamenco, estuvo entre 70 y 80 ppm.

El estudio de Tecnipan S.A. y Hazen and Sawyer de 1976, muestra que las concentraciones de nitrógeno en la bahía están arriba de 7 ppm, con valores más altos que 20 ppm en la costa de la Av. Balboa y salida del Matasnillo. La concentración de amonía estuvo en torno de 0.02 a 2 ppm, de los cuales los más altos se midieron próximos a la costa y desembocadura de los ríos. El fósforo total y fosfato también presentaron patrones de distribución similares, con gradientes de 4 a 0.04 ppm para al fósforo total de la costa hasta el alineamiento con la isla Flamenco y de 2 a 0.03 ppm para el fosfato.

En términos de balneabilidad, las playas y aguas próximas a la costa presentaron condiciones impropias, según los niveles de coliformes totales, fecales y estreptococos. Los niveles de concentración fueron casi en su totalidad superiores a 5000 coliformes fecales /100 ml. (Tecnipan S.A. y Hazen and Sawyer de 1976).

Otros datos de la bibliografía disponibles son los mostrados en el Cuadro N° 3.23, a continuación, con resultados de análisis bacteriológicos realizados para una monografía de graduación de la Universidad de Panamá, de 1994.

Cuadro N° 3.25 - Coliformes totales, fecales y estreptococos encontrados en 1994

Sitio	ColiTotal (concentr. Nº./100mm)	ColiFecal (concent. Nº./100mm)	Estreptococos (concent.Nº./100mm)
Panamá Viejo	44600	27600	10500
Estatua Morelos	3100000	222000	16867
Iglesia San Francisco	9402	1437	80
Boca La Caja	26060	12192	553
Club Unión	1248	976	50
Matasnillo	470000	248800	21400
Club Yate de Panamá	4990	715	355
Terraplén	28100	3600	2180
Las Bóvedas	37000	2900	716
Ave. Los Poetas	114000	19653	2600
Club Yates de Diablo	2040	1640	790
Club Yates de Balboa	8050	3497	1400
Muelles de los Pilotos	4250	3126	960
Isla Naos	26	10	3
Isla Flamenco	54	48	8
Muelle STRI	72	38	25
Entrada del Causeway	115	45	28

Fonte: Monografía de Graduación de la Universidad de Panamá - 1994.

El Cuadro muestra que el área de la bahía más próxima de la costa presenta condiciones impropias para contacto primario, por los altos índices bacteriológicos provenientes de los ríos que reciben aguas residuales urbanas.

Otra de las fuentes de información sobre la calidad de agua de la bahía de Panamá es el Plan de Monitoreo Ambiental que realiza la Compañía ICA como parte de la construcción del proyecto Corredor Sur. Las estaciones para el monitoreo de la calidad del agua son: Coco del Mar, viaducto marino, Boca La Caja, río Tapia, río Matías Hernández, río Juan Díaz, Punta Pacífico, y Miramar. El Cuadro N° 3.26 muestra los resultados de este monitoreo

Cuadro N° 3.26 - Resultados del Monitoreo de Calidad de Agua del Proyecto Corredor Sur

Estación	Fecha	Turb.	Sol. Dis.	Sol. Sed.	O. D.	Dbo	Ac. Y Gras.	Plag.	Coli. Tot.	Coli. Fec.
		NTU	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	Col/100 ml	Col/100 ml
Coco del Mar	23/9/98	91	29240	192	5.7	1.1	0.0	Neg.	2.0E+05	2.8E+03
	21/10/98	100	26661	2631	6.2	0.8	0.0	----	3.0E+06	4.5E+04
	27/11/98	52.6	28700	85	7.6	0.5	----	----	2.0E+07	1.8E+04
Viaducto Marino	25/02/99	25.6	96,200	68	4.6	2.2	----	----	4.8E+05	2.6E+09
	23/09/98	125	29463	374	6.1	0.8	0.0	Neg.	5.7E+05	3.4E+03
	21/10/98	100	24482	882	4.6	1	0.0	----	1.5E+07	6.4E+03
Boca La Caja	25/02/99	19.4	30,400	66	5.8	1.6	----	----	6.0E+05	8.0E+02
	23/09/98	60	30439	61	6.3	1.34	0.0	Neg.	2.8E+06	4.9E+03
	21/10/98	90	26613	2413	4.9	1.8	0.0	----	8.5E+05	1.6E+03
Río Tapia	25/02/99	10.6	10900	30100	5.8	1.6	----	----	5.0E+06	5.0E+02
	23/9/98	34	135	25	0.0	135	0.07	<0.5	6.0E+09	2.4E+06
	21/10/98	170	579	445	0.2	165	0.08	----	6.0E+13	8.0E+05
Río Matías Hernández	25/02/99	28	206	61	1.6	210	----	----	5.5E+10	1.7E+08
	23/9/98	68	211	26	1.0	180	0.06	Neg.	3.2E+08	2.10E+05
	21/10/98	175	559	353	2.5	140	0.07	----	5.0E+07	2.2E+06
Río Juan Díaz	25/02/99	7.4	284	72	1.3	20.2	----	----	1.6E+11	2.2E+08
	23/9/98	100	109	130	5.1	2.2	0.0	Neg	3.9E+07	5.6E+05
	21/10/98	100	273	98	5.7	3.6	0.0	----	5.2E+07	3.5E+05
Punta Pacífico	25/02/99	5.1	132	55	6.3	4.6	----	----	4.5E+10	2.3E+05
	27/11/98	25.7	30.7	76	5.7	0.4	----	----	1.9E+07	1.2E+04
	21/12/98	56.4	31200	93	1.2	----	----	----	1.4E+07	1.1E+04
Miramar	25/02/99	55.4	28600	83	2.6	----	----	----	7.2E+05	3.0E+01
	27/11/99	25.6	30.6	88	2.1	----	----	----	1.9E+07	7E+04
	21/12/99	8.9	28000	92	----	----	----	----	7.2E+05	1.0E+03
	25/02/99	51.3	29100	82	0.9	----	----	----	9.0E+05	3.0E+01

Fuente: ICA. Unidad de Monitoreo Ambiental Independiente.

b) Datos colectados en las campañas recientes por el Consorcio

Las muestras recolectadas en las campañas de abril y set/oct de 1999, en 8 puntos ubicados según lo indicado en la Figura 3.1 y cuyos análisis fueron hechos en la Universidad de Panamá (Laboratorio de Química del Centro Experimental de Ingeniería)

dieron los resultados mostrados en el Anexo IV de este Informe y repetidos en los Cuadros siguientes.

Cuadro Nº 3.27 - Resultados de la recolección del 29 de septiembre, marea alta/ creciente

29 de septiembre	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
Parámetros	Vena do	Farfá n	Casc o Viejo	Mata snillo	Boca Caja	M Hern ánde z	Juan Díaz	Tocu men
Nitrógeno – NO3 (mg/l)	0.65	15.6	2.6	1.3	2.6	2.6	3.9	2.6
Fosfato - PO4 (mg/l)	0.027	0.03	0.025	0.043	0.039	0.032	0.041	0.036
Salinidad, 0/00	23.2	17.5	23.5	24	25.1	25.8	23.4	19.8
Oxígeno Disuelto (mg/l)	8.9	7.2	7.5	7.6	6.2	6.2	8.0	8.2
Sólidos Suspendidos (mg/l)	72	58	84	70	100	80	96	84
Coliformes Totales *	20	860	800	1500	4400	2000	13000	3000
Coliformes Fecales *	0	300	300	400	920	600	1300	1200
Streptococos Fecales *	0	4	0	20	30	10	80	0
Clorofila A, mg/l	219	245	229	254	229	219	245	278
Temperatura (oC)	28,0	29,0	28,5	29,0	29,0	29,5	29,5	29,0
Transparencia (m)	1,50	0,85	1,00	0,80	0,75	0,50	0,30	0,20
Aceites y grasas, mg/l	62	20	36	70	22	398	168	28

Cuadro Nº 3.28 - Resultados de la recolección del 4 de octubre, marea alta/vaciante

4 de octubre	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
Parámetros	Vena do	Farfá n	Casc o Viejo	Mata snillo	Boca Caja	M.He rnán dez	Juan Díaz	Tocu men
Nitrógeno – NO3 (mg/l)	11.7	19.5	5.2	1.3	5.2	14.3	44.2	62.4
Fosfato - PO4 (mg/l)	0.025	0.022	0.011	0.02	0.029	0.026	0.025	0.058
Salinidad, 0/00	34.1	33.6	32	33.4	32.5	33.2	31.8	32.8
Oxígeno Disuelto (mg/l)	8.8	7.3	7.4	7.4	6.5	6.1	8.3	8.4
Sólidos Suspendidos (mg/l)	58	44	56	52	40	58	38	76
Coliformes Totales *	20	300	800	1200	400	600	1000	500
Coliformes Fecales *	2	160	0	0	160	150	300	110
Streptococos Fecales *	0	2	110	360	14	140	100	36
Clorofila A, mg/l	225	331	129	432	263	318	275	291
Temperatura (oC)	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0
Transparencia (m)	0.50	0.25	0.90	1,50	1.40	1,50	1,50	1,50
Aceites y grasas, mg/l	44	348	28	230	28	108	6	24

* Coliformes Totales, Fecales y Streptococos Fecales en (UFC/100 ml)

Cuadro N° 3.29 - Resultados de las muestras tomadas en la segunda campaña

Coli en UFC/100ml	Dia 19/4/99 marea baja		Dia 20/4/99 marea alta		Dia 27/4/99 marea baja		Dia 28/4/99 marea alta	
	Sitio	Coli total	Coli fecal	Coli total	Coli fecal	Coli total	Coli fecal	Coli total
Sitio 1-Río Tocumen	2400	1000	750	400	5200	3000	500	400
Sitio 2-Río Juan Díaz	3500	2600	5500	5000	3200	3000	2000	1200
Sitio 3-Río Matías Hernández	1700	1100	6000	4000	25000	2000	3200	1500
Sitio 4-Boca la caja	600	500	3000	1000	0	0	280	50
Sitio 5-Río Matasnillo	11000	2200	20000	9500	3000	1000	22000	600
Sitio 6-Ave. Central	480	400	1500	800	2600	2000	320	150
Sitio 7-Casco Viejo	200	0	1300	500	30000	2200	110	100
Sitio 8-Amador	1000	900	250	130	50	0	120	100
Sitio 9-Río Farfán	0	0	700	500	0	0	0	0
Sitio 10-Río Venado	0	0	0	0	0	0	0	0
Sitio 11-Veracruz	0	0	40	4	0	0	80	0
SS – salinidad – grasas y aceites	Dia 22/4/99				Dia 28/4/99			
Muestra # - identificación	Sólidos suspendidos (mg/l)	Salinidad 0/00	Grasas y Aceites (mg/l)	Sólidos suspendidos (mg/l)	Salinidad 0/00	Grasas y Aceites (mg/l)		
PBW –mañana	178	30.6	6	100	35.3	15		
PBW – tarde	158	30.2	3	65	23.9	0		
PBE – mañana	194	32.6	42	83	23.4	28		
PBE – tarde	146	30.8	14	48	23.0	13		
PL – mañana	108	30.9	3	64	34.8	1		
PL – tarde	150	32.2	1	28	34.2	0		

Las concentraciones de nitrato variaron de 0.65 mg/l (río Venado) a 15.6 mg/l (río Farfán). En los puntos ubicados al oriente del canal las variaciones fueron más bajas (1.3 a 3.9 mg/l), pero muy superiores al más bajo valor obtenido.

El fosfato presentó variaciones bien inferiores a las de nitratos, el menos (0.025 mg/l) obtenido en la estación 3 mg/l (Casco Viejo) y el más alto (0.043 mg/l) próxima al río Matasnillo.

La salinidad presentó alta variación, indicando la fuerte influencia de aguas continentales: Los más bajos valores fueron obtenidos respectivamente en las estaciones 2 y 8 (17.5 y 19.8 0/00) y las más altas en las estaciones 5 y 6 (25.1 y 25.8 0/00).

Las concentraciones de oxígeno disuelto presentaban valores próximos y superiores a la saturación. Puede ser observada una reducción en los resultados obtenidos en los puntos 5 y 6, que puede estar relacionada a la gran cantidad de materia orgánica en la columna de agua.

El patrón de variación de las bacterias (coli total y fecal y estreptococos) fue semejante, con los más altos valores obtenidos próximos a los ríos y en la estación 5 en Boca la Caja. Estos resultados indican que aún en marea alta la contaminación bacterial procedente de los ríos contaminados persiste en la región costera.

El mismo patrón fue obtenido para aceites y grasas, excepto por un alto valor en la estación 1 (río Venado), con todo, estos resultados demostraron una acentuada heterogeneidad en las concentraciones de este parámetro, con altas concentraciones en las desembocaduras de los ríos Matías Hernández y Juan Díaz.

Analizando los valores obtenidos el día 4 de octubre, se concluye que los patrones de variación en los parámetros analizados fueron semejantes a los del día 29 de septiembre, siendo para el nitrato, de un modo general, los resultados muy superiores en algunos puntos, como en el punto 1 que en la campaña anterior la concentración había sido muy inferior a la de esta campaña. Este hecho está relacionado con la influencia de las aguas lanzadas por el canal de Panamá y las corrientes. Las concentraciones encontradas para los puntos 8 y 7, respectivamente, fueron también muy superiores a las encontradas en la campaña anterior, demostrando la influencia de las aguas continentales lanzadas por los ríos Tocumen y Juan Díaz.

Los valores de salinidad fueron muy superiores que los de la campaña del 29/09 reflejando la mayor influencia de aguas marinas en esta situación de muestreo, lo que puede explicar las más bajas densidades de los coliformes.

El gráfico siguiente presenta los resultados de transparencia y temperatura del agua de forma relacionada. La relación inversa entre estas dos variables quedó más en evidencia en las mediciones realizadas en marea de sicigia (29/9) que en la de cuadratura (aguas muertas-4/10).. La figura de la izquierda corresponde al día 29/9 y la de la derecha al día 4/10, siendo temperatura la curva con triángulos y transparencia la curva con bolas.

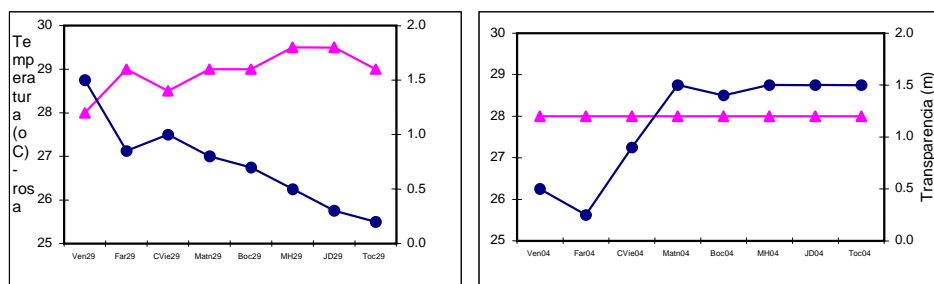


Figura 3.3 - Variación de la temperatura (?) y transparencia (?) en las campañas de 29 de septiembre (marea de sicigia) y 04 de octubre (marea de cuadratura a lo largo del área muestreada).

Cuando se verifican los resultados de salinidad, se observa que en la campaña del 29/9 los valores fueron más bajos y con más variación entre las estaciones, en cambio en la del 4/10, fueron superiores y presentaron poca o ninguna variación. Estos resultados muestran que en el día 29/9 la masa de agua presentó influencia tanto marina como continental y el valor más bajo obtenido fue en la salida del río Farfán, localizada a la entrada del Canal de Panamá, lo que puede estar reflejando la fuerte influencia del Canal. En la campaña del 4/10 la influencia de las aguas marinas fue más acentuada.

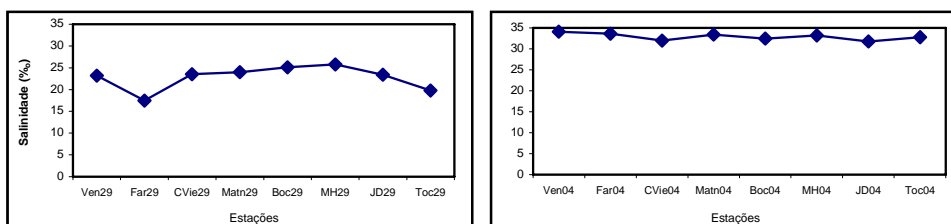


Figura 3.4 - Variación de la salinidad el de 29 de septiembre (marea de sicigia) y 04 de octubre (marea de cuadratura a lo largo del área muestreada).

Los resultados obtenidos para nitrógeno y oxígeno disuelto, fueron aparentemente diferentes a los citados por D'Cross,1988. El autor obtuvo concentraciones de nitrógeno total inferiores a 1 mg/l y concentraciones máximas de oxígeno disuelto de 4 mg/l. Los resultados de temperatura y salinidad, estuvieron compatibles con los patrones de variación obtenidos por el autor.

En las dos campañas realizadas, los resultados obtenidos con coliformes estuvieron muy abajo de los encontrados por otros autores en la misma región, lo que puede ser consecuencia de la mezcla entre diferentes masas de agua, la continental contaminada por las aguas residuales descargadas por los ríos y quebradas, con la masa de agua marina que penetra en la marea creciente. Esto se aplica también para el OD. Una razón para estos resultados está en la posición de la embarcación en el punto planeado para retirar la muestra, pues en situación de marea baja, la altura de las olas impedían la aproximación hacia la costa, lo que hizo que las muestras se tomaran más hacia afuera. En la campaña de septiembre/octubre se decidió tomar sólo con marea alta para poder aproximarse más hacia la costa, diferenciando solamente la marea alta creciente y la decreciente.

A partir de los resultados de septiembre/octubre de 1999 se elaboraron gráficos como el análisis en componentes principales (ACP), aplicada sobre el resultado de las variables analizadas de manera de verificar los factores que más participación presentan sobre el sistema hidrológico de la masa de agua. Este análisis extrae de la matriz de datos los ejes vectoriales que pasan por las más altas variaciones. Se basa en la distribución del coeficiente lineal de Pearson, siendo por eso indicada para datos relativos a variables continuas y permite verificar también, la relación entre las variables y los puntos de recolección. Como se trataba de variables con unidades diferentes, los datos se uniformizaron por el desvío normal.

El análisis en componentes principales (ACP) extrajo dos ejes factoriales explicando 53.9% de la variación. El eje 1, responsable por 36.8%, separó los monitoreos del día 04/10 en el lado negativo de los monitoreos del día 29/09 en el lado positivo. Las variables más significativas en la formación del eje fueron los coliformes fecales y totales, sólidos suspendidos y la temperatura en el lado negativo y la salinidad en el positivo (Figura 3.5). La disposición de los puntos de monitoreo y de las variables ambientales a lo largo del eje demostró la influencia de la marea sobre la masa de agua.

Conforme fue observado en la campaña de abril de 1999, la región sufre fuerte influencia de aguas continentales consecuente del desagüe de los ríos. En la campaña anterior (abril) la región monitoreada (más distante de la costa y próxima al punto de lanzamiento del futuro emisario) presentó, de acuerdo con las variables analizadas, mayor influencia de aguas marinas. En la última campaña (set/out) la región monitoreada, localizada próxima a la costa, evidenció la menor influencia de las aguas marinas.

La observación de la disposición de los puntos de monitoreo, tanto en el día 29 (lado positivo del eje), como del día 4 (lado negativo) evidenció un patrón espacial diferenciado caracterizado por la separación del punto próximo al río Venado. La región donde los demás puntos quedaron localizados parece presentar acentuada variación para los parámetros analizados, indicando una masa de agua de mezcla.

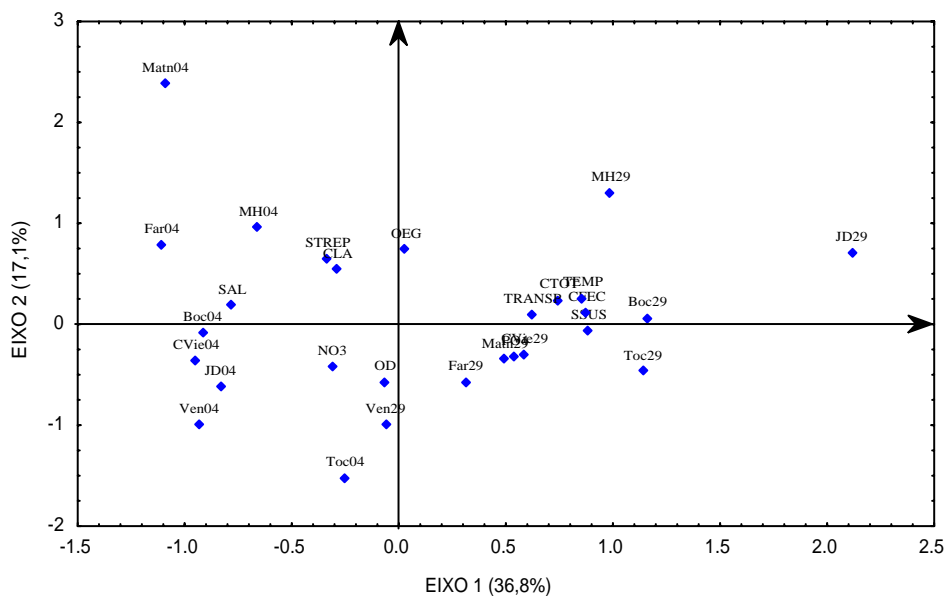


Figura 3.5 - Componentes principales

A pesar de que algunos resultados se presentan muy abajo de lo esperado y bastante diferentes de lo encontrado en otros estudios anteriores para la misma región, la relación encontrada entre las variables fue bastante representativa y perfectamente comprensible, pues ya han sido encontrados patrones semejantes en otros lugares cercanos a los aportes de aguas continentales.

c) Consideraciones finales

Los resultados obtenidos en las dos campañas oceanográficas realizadas para complementar y caracterizar las aguas, una en abril y otra en septiembre/octubre de 1999, reflejaron el avanzado estado de comprometimiento de las aguas costeras de la bahía, principalmente en las proximidades de las desembocaduras de los ríos.

Las muestras para análisis de colimetría fueron tomadas en ambas campañas en los mismos puntos (aproximadamente), aumentándose de ocho para once las estaciones inicialmente definidas en la campaña de abril, como se muestra en la figura 3.1.

Los procedimientos de toma de muestras fueron exactamente los mismos para todas las muestras, no obstante, los resultados presentaron grandes variaciones, principalmente en los lugares donde las condiciones de calidad del agua están más comprometidas, o sea en la región que va desde la boca del río Tocumen hasta el Casco Viejo, donde se esperaban resultados peores en términos de calidad. Sin embargo, esta variación puede estar reflejando el efecto de la dilución de la carga de aguas residuales, descargadas en la región costera, lo que puede aumentar la heterogeneidad en la distribución espacial de las variables analizadas.

En la campaña realizada en abril de 1999, a pesar de que los coliformes resultaron con valores superiores a los de las muestras de septiembre/octubre, presentaron también acentuada variación en relación a la marea alta y baja, con valores más altos con marea alta. La entrada de aguas marinas con las mareas deberían disminuir la concentración de coliformes, sin embargo, esa masa de agua marina puede estar provocando el represamiento del agua costera bajo fuerte influencia de las aguas continentales contaminadas. Este aspecto, asociado a las dificultades de posición de la embarcación para la recogida de las muestras en marea baja para una mejor aproximación hacia la desembocadura de los ríos, provocó que los resultados de coliformes fuesen aparentemente más altos en estas situaciones. Aun así, los resultados acumulados reflejaron claramente las actuales condiciones de las aguas en la faja próxima a las playas y a la costa.

A pesar de estas variaciones encontradas, las condiciones de las aguas de las playas analizadas, excepto en la región del río Venado y Veracruz, fueron de un modo general, de baja calidad. Sin embargo, las dificultades encontradas para la realización de la toma de muestras no inviabilizaron la caracterización de las aguas de la bahía de Panamá, obteniéndose una gran cantidad de datos de excelente representatividad espacial.

3.2.3 Plancton

3.2.3.1 *Fitoplancton*

Fueron utilizados el índice de diversidad de Shannon-Weaver (H'), ($\log e$) y la equitabilidad de acuerdo con Pielou, 1979. En el cálculo del índice (H') son considerados los componentes de la comunidad, la abundancia y la riqueza de especies, y la equitabilidad relaciona la diversidad encontrada con la diversidad máxima, que sería la situación de todas las especies estar participando en el monitoreo con el mismo número de individuos. Eso significaría una

situación de equilibrio o clímax en la comunidad, indicando que los recursos disponibles estarían siendo repartidos igualmente por todas las especies.

Fueron utilizados los análisis de agrupamiento y factorial de correspondencia aplicadas sobre la matriz de datos específicos, transformados para $\text{Log}_{10}(X+1)$. Para la elaboración de la matriz de similitud, utilizada en el análisis de agrupamiento fue utilizado el coeficiente de correlación de Pearson, y el método de agrupamiento aplicado fue el de las medias aritméticas no ponderadas. El análisis de agrupamiento reúne en grupos las estaciones/puntos de monitoreo de acuerdo con la composición de las especies.

El producto de este análisis es un gráfico llamado dendrograma, que jerarquiza los objetos en grupos, con todo esta técnica presenta un inconveniente reflejado en el hecho de que objetos son forzados a entrar en uno de los grupos formados, lo que en algunas situaciones escapa de la realidad. Por esta razón es indicada la utilización de otras técnicas de análisis multivariado de datos sobre la misma matriz. Fue entonces aplicado el análisis de correspondencia, que considera la matriz tanto en el sentido de las columnas (estaciones/puntos) como en el de las líneas (especies) permitiendo así, verificar simultáneamente las asociaciones entre muestras y especies. Ordenando a lo largo de los ejes vectoriales los puntos y las especies, permite también identificar factores que actuaron en el sistema responsable por la variación en los datos.

Fueron identificados un total de 53 táxons, siendo 50 al nivel de especie de las cuales las diatomáceas fueron las más representadas en números de especies. Las especies más abundantes fueron respectivamente *Thalassionema nitzschioides*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira subtilis*, obteniendo un total de 83% del total de células contadas.

En el monitoreo del día 29 de septiembre los puntos monitoreados no presentaron elevados números de especies, demostrando comunidades de baja riqueza. Los más altos valores fueron obtenidos en el punto 1 (11) en la marea vaciando y en el punto 5 (12) en la marea llenando. Entre los puntos colectados puede ser observado variación en la riqueza entre las mareas llenando y vaciando (figura 3.6).

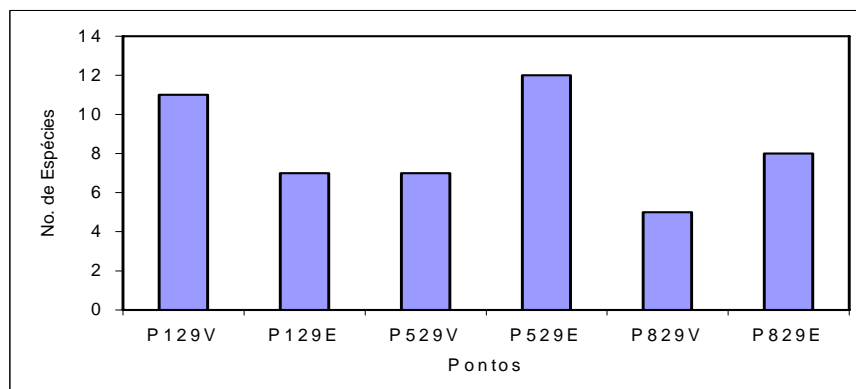


Figura 3.6 - Número de especies identificadas en los puntos 1, 5 y 8, en el monitoreo de 29 de septiembre. Variación en el número de especies puede ser observado entre los puntos de monitoreo en las mareas llenando y vaciando, a pesar de baja riqueza obtenida para la comunidad fitoplanctónica.

Una elevada densidad celular fue obtenida para los puntos 5 y 8 principalmente en la marea llenando, no habiendo sido observado lo mismo en el punto 1 (figura 3.7). Las elevadas densidades encontradas en los puntos 5 y 8, fueron debido a un bloom monoespecífico, causado por las elevadas densidades de *Thalassionema nitzschioides* y *Skeletonema costatum*, siendo que esa última no fue encontrada en el punto 5 en la marea vaciando. La ocurrencia de blooms monoespecíficos están asociados a procesos de eutroficación.

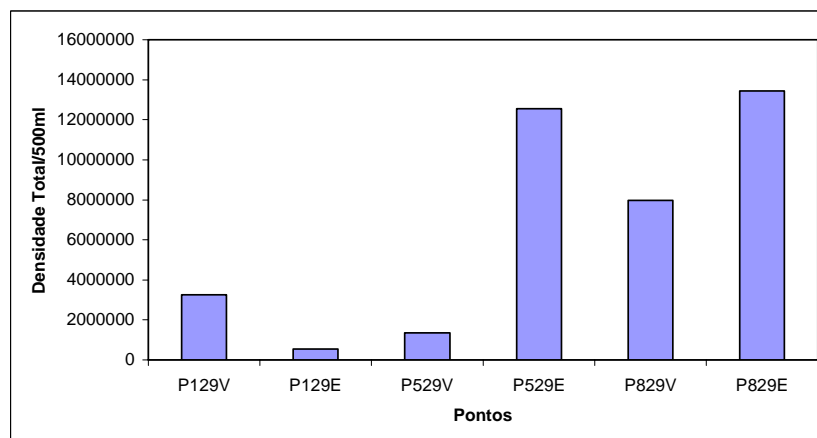


Figura 3.7 - Densidad total de células/ 500ml obtenidas en el monitoreo del 29/09 en mareas llenando (E) y vaciando (V). Se verifica las altas densidades en los puntos 5 y 8 principalmente en la marea llenando.

El índice de diversidad de Shannon-Weaver mide la diversidad considerando dos componentes de la comunidad, la riqueza de especies, traducida en el número de especies y la abundancia de cada especie. Los valores de diversidad (Figura 3.8) obtenidos para los puntos fueron, de un modo general, muy bajos y los aumentos observados en los puntos 5 y 8 no significan comunidades en equilibrio. Los resultados obtenidos para el punto 1 fueron

muy bajos, reflejando la pobreza de nutrientes de las aguas oceánicas, y el aumento encontrado en los puntos 5 y 8 están asociados al aumento de nutrientes (nitrógeno y fósforo) causado por las descargas orgánicas de los ríos.

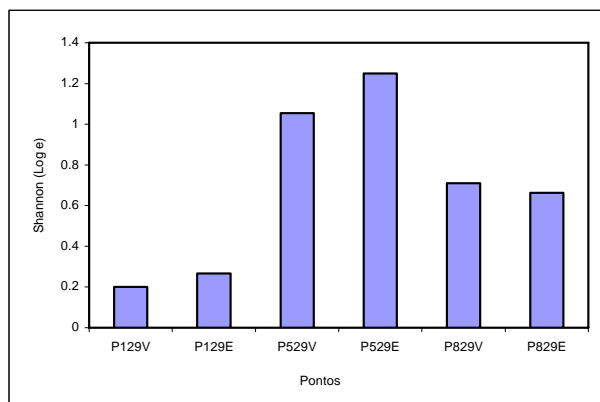


Figura 3.8 - Índice de diversidad de Shannon-Weaver (Log e). Valores bajos fueron obtenidos para todas las muestras de un modo general, siendo que para el punto 1 estos fueron muy bajos.

La equitabilidad (J) mide la distribución de los individuos por las especies, o sea es una medida de dominancia. Este índice relaciona la diversidad obtenida con la diversidad máxima, traducida por el logaritmo del número de especies, lo que representa la situación de que todas las especies estarían contribuyendo con el mismo número de individuos. En esta situación, teóricamente, todos los recursos estarían siendo repartidos igualmente por las especies de la comunidad. Los valores de J pueden variar de 0 a 1. Cuanto más próximo de 1, mejor distribuido es el número de individuos por las especies que componen la comunidad.

Todos los valores obtenidos, de un modo general, fueron bajos, siendo menores en el punto 1 (Figura 3.9) y este es resultado de la elevada dominancia de fitoflagelados en las muestras. En las demás muestras, a pesar de presentar también dominancia las mismas presentaron la participación de otras especies.

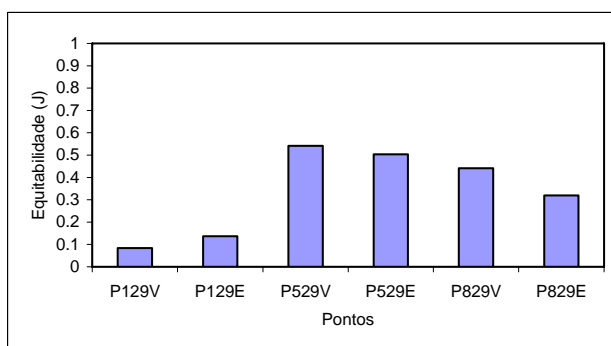


Figura 3.9 - Valores de J (equitabilidad) obtenidos en los puntos. De modo general valores bajos indicando dominancia de especies en las comunidades.

En el monitoreo del 04/10, fue monitoreado un mayor número de especies en relación al monitoreo del día 29/09, destacando los puntos 1 y 5, las más bajas riquezas de especies fueron obtenidas en el punto 8 (Figura 3.10).

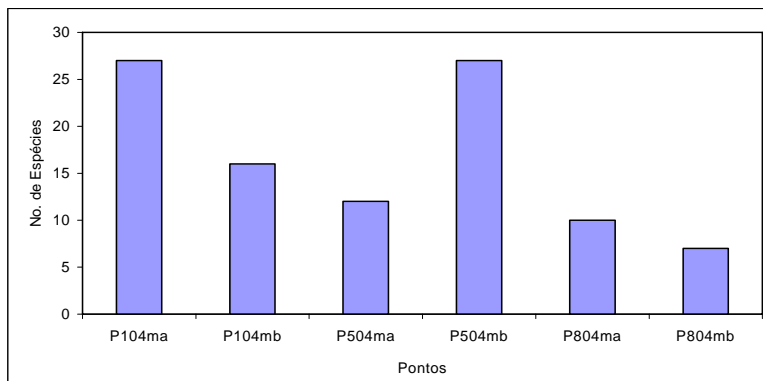


Figura 3.10 - Riqueza de especies identificadas en las muestras colectadas en los puntos 1, 5 y 8 en marea alta (ma) y marea baja (mb).

La densidad total de células fue inferior que en los monitoreos del 29/09, con todo, en relación a los demás puntos de este monitoreo, en el punto 8 fueron obtenidas más densidades, tanto en la marea llenando como vaciando (Figura 3.10). Ese aumento en la densidad total en el punto 8 fue consecuente de un “bloom” de *Thalassionema nitzschioides* con más de 60% de las células. Esta especie es una diatomácea que utiliza principalmente nitrógeno como nutriente, y en este día las concentraciones de nitratos fueron muy elevadas en este punto.

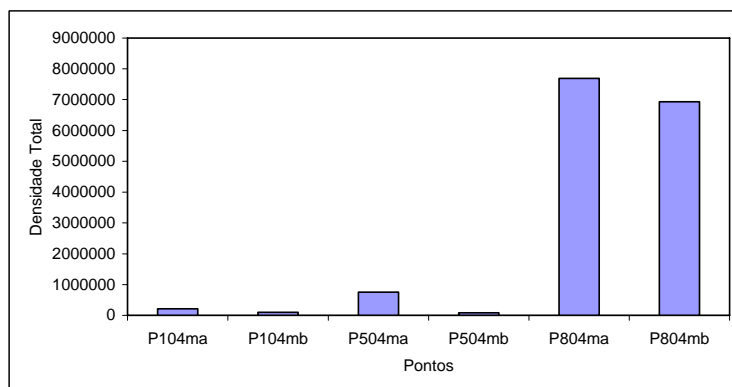


Figura 3.10 - Densidad total de células en los puntos monitoreados en 04/10. Números inferiores que los monitoreos del día 29/09, y “bloom” de *T.nitzschioides* en el punto 8 acarreado en un aumento de la densidad total.

A pesar de las elevadas densidades celulares en el punto 8 las más altas diversidades fueron obtenidas para los puntos 5 y 1 respectivamente (Figura 3.11), siendo que en el punto 5 fue encontrada acentuada diferencia entre las marea alta y baja. Ese hecho indica tendencia a una situación de comunidad más equilibrada, con todo la densidad total fue muy baja. Considerando la diversidad y la equitabilidad (Figura 3.12) se observa que, como era de esperar, el punto 1 fue el que presentó comunidad fitoplanctónicas más equilibradas. Con

todo, en el bien de la verdad, cuando se analizaron los dos monitoreos (29/09 y 04/10) se verifica que el área en cuestión presenta acentuada variación en los indicadores de la estructura de la comunidad, lo que considerando las características locales, era de esperarse. La elevada variación en el aporte de nutrientes traídos por los ríos, provocaron las variaciones encontradas en la comunidad del fitoplancton.

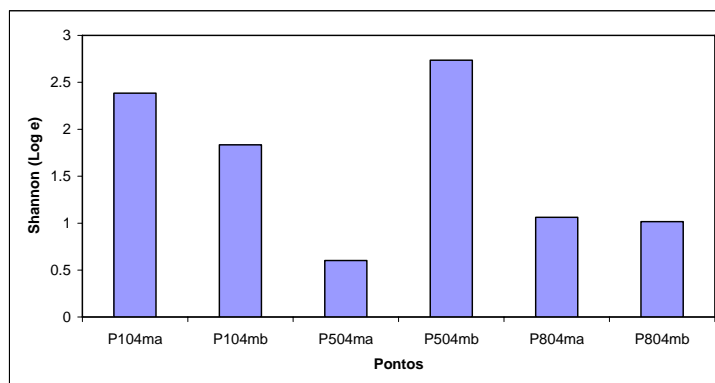


Figura 3.11 - Índice de diversidad calculado para las muestras colectadas en 04/10 en los puntos 1, 5 y 8 en marea alta (ma) y marea baja (mb).

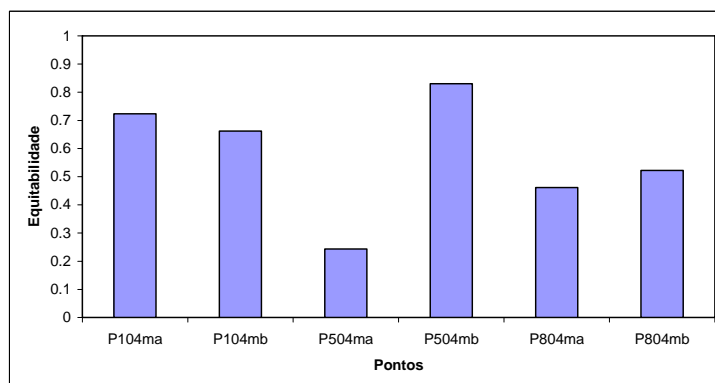


Figura 3.12 - Equitabilidade calculada para las muestras colectadas en 04/10 los puntos 1, 5 y 8 en marea alta (ma) y marea baja (mb).

Dos asociaciones fueron identificadas a partir del dendrograma (Figura 3.13) resultante del análisis de agrupamiento aplicado sobre los datos específicos. La primera formada por los puntos 1, de todas los monitoreos, y del punto 5, colectado en el día 04/10; y la segunda formada por los puntos 8 y 5 del día 29/09. Ese resultado indicó que para el área monitoreada, la composición de la flora fitoplanctónica es semejante, variando apenas en abundancia de las especies de acuerdo con las condiciones físico - químicas del agua, excepto entre los puntos 1 y 8, que participaron totalmente de asociaciones diferentes.

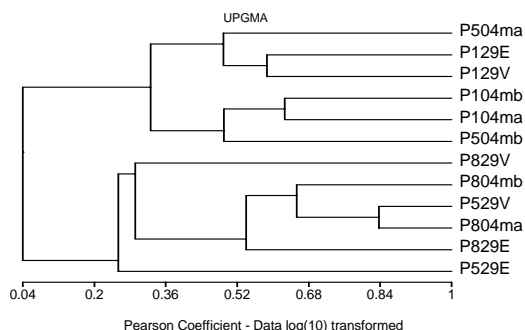


Figura 3.13 - Dendrograma resultante del análisis de agrupamiento aplicada sobre los datos específicos transformados para $\text{Log}_{10}(x+1)$. El método de agrupamiento empleado fue el de las medias aritméticas no ponderadas. Dos asociaciones formadas, mostrando la diferencia entre los puntos 1 y 8 ya sea semejanza entre 5 y 8, o entre 1 y 5.

El análisis factorial de correspondencia (Figura 3.14), extrajo dos ejes responsables por 57% de la variación. La observación de los puntos de monitoreo y de las especies a lo largo del eje 1 (36,6% de la variación) evidenció las mismas asociaciones observadas en el dendrograma, siendo que la asociación de todos los puntos 8 y los 5 monitoreados en el día 29/09 fue formada por la ocurrencia de las siguientes especies: *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassiosira subtilis*, *Nitzschia panduriformis*, *Odontella mobiliensis*, *Dactylosolem antarcticus* y *Flagillariopsis glacilis*. En el otro lado del eje, quedó la asociación de todas las muestras colectadas en el punto 1 y las del punto 5 en 04/10, con todo esta asociación puede ser separada en otras dos formadas por P504, P129E y P129V; y la Segunda por P104mb, P104ma y P504mb. Esa separación fue ocasionada por un “bloom” de fitoflagelados ocurridos cuando del monitoreo de esas muestras, ese grupo está constituido por especies oportunistas. Con todo ese mismo grupo asociado a la *Pseudonitzschia "delicatissima"*, *Leptocylindrus danicus* y otros dinoflagelados fueron las especies responsables por la formación del grupo mayor.

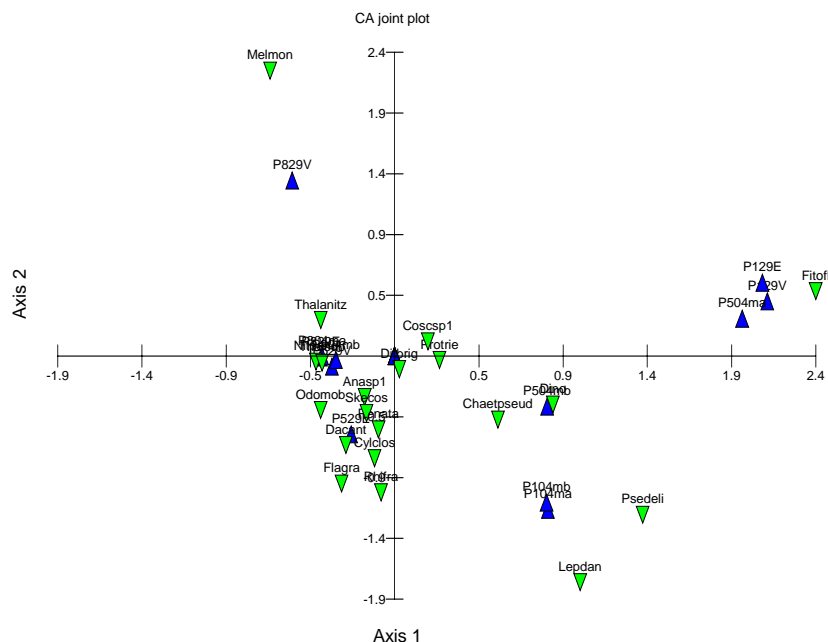


Figura 3.14 - Ejes factoriales resultantes del análisis factorial de correspondencia aplicado sobre la matriz de datos fitoplanctónicas específicos. Eje 1 explicando 36.6% de la variación y eje 2 2.4%.

El eje 2, responsable por 20.4% de la variación, fue formado principalmente por las coordenadas del punto 8 colectado en 29/09 en marea vaciando, y eso fue causado por un crecimiento de *Melosira moniliformis* que ocurría en el local. Ese eje evidenció también la separación de las muestras colectadas en el punto 1 en 04/10 debido al crecimiento de *Pseudonitzschia "delicatissima"*, *Leptocylindrus danicus* casi que exclusivamente en este punto.

3.2.3.2 Zooplancton

Fueron considerados los siguientes puntos de monitoreo:

- P₁ – mañana (vaciando), P₁ – tarde (llenando) en 29/09/99; P₁ – marea baja, P₁ – marea alta en 04/10/99.
- P₅ – mañana (vaciando), P₅ – tarde (llenando) en 29/09/99; P₅ – marea baja, P₅ – marea alta (04/10/99).
- P₈ – mañana (vaciando), P₈ – tarde (llenando) en 29/09/99; P₈ – marea baja, P₈ – marea alta (04/10/99).

En casi todos los puntos de monitoreo fueron constatados baja diversidad, sin embargo muchas veces con alta biomasa (P₁ – mañana, P₅ – tarde, P₅ – marea baja respectivamente con 297.962 org/m³, 206.358 org/m³ y 212.211 org/m³). Esta característica es común en sitio muy eutroficado donde dominan algunas especies en detrimento de otras.

De un modo general en todas las muestras fueron dominantes las larvas de copépodos (nauplii y copepodito), cuyo reclutamiento ocurre con mayor intensidad cuando las

condiciones ambientales son bien neréticas, principalmente con altos valores de fitoplancton, estimulando el desove.

Los valores máximos fueron de nauplii 51326 org/m³ en la estación P₁ – mañana, y de copepodito 60.944 org/m³ en la estación P₅ – marea baja.

La influencia de agua salobre es caracterizada por los copépodos: *Oithona oswaldocruzii*, *Paracalanus crassirostris*, *Acartia lilljeborghii* y *Acartia clausi* que son especies costeras encontradas en estuarios y manglares. La especie *Acartia longiremis* bien representada en el Punto 1, aparece con alto valor de biomasa y es característica de región templada y herbívora. Otros copépodos menos representativos pero representantes de aguas costeras son: *Euterpina acutifrons*, *Lubbockia squilimana* y *Nannocalanus minor*.

La presencia del herbívoro Pteropoda *Limacina inflata* indica un sitio de elevado florecimiento de algas.

La contribución biomasa de grupos meroplanctónicos es muy importante destacándose: L. Bivalvia, L. Cirripede (principalmente), L. Mitilideo y L. Polychaeta. Las larvas de cirripede fueron muy abundantes en las estaciones del Punto 5 alcanzando un máximo de 81.564 org/m³, (Punto 5 – tarde) y las larvas de polychaeta, que en esta misma estación, ocurrió con máximo 40.586 org/m³.

De un modo general los valores obtenidos para el índice de diversidad fueron bajos, a pesar de las elevadas densidades de organismos. La equitabilidad encontrada fue de un modo general, baja, indicando dominancia de especies en la comunidad, siendo menor en las muestras colectadas en los puntos 1 en 29/09 llenando, 5 en 29/09 vaciando y 5 04/10 marea alta. En el punto 8 los resultados de equitabilidad indicaron también baja dominancia. Considerándose esos índices, podríamos inferir que con relación a la comunidad zooplanctónica, el ambiente ofrece señales de posible recuperación, una vez que el local de peor condiciones, representado por el punto 5 presentó los mejores resultados de diversidad y equitabilidad (Cuadro N° 3.30).

Cuadro N° 3.30 - Resultados obtenidos de los arrastres para el monitoreo de zooplancton

Puntos	Total de Individuos	Shannon	Equitabilidad	Número de Especies
P129V	297962	0.954	0.459	8
P129E	82647	1.627	0.707	10
P104mb	53952	0.706	0.307	10
P104ma	67177	0.632	0.304	8
P529V	83097	1.87	0.851	9
P529E	206358	0.732	0.318	10
P504mb	212211	0.728	0.293	12
P504ma	128609	1.78	0.716	12

Puntos	Total de Individuos	Shannon	Equitabilidad	Número de Especies
P829V	13831	0.518	0.374	4
P829E	18185	1.594	0.665	11
P804mb	34291	1.443	0.694	8
P804ma	8758	0.622	0.566	3

3.2.4 Bentos y Sedimentos

La profundidad en los puntos de recolección varió de 3 a 4 metros en los puntos 1 a 8 y de 16 a 20 m en los puntos PL, PBW y PBE. El diámetro medio del grano de sedimento varió de 4.19 a 5.39 phi, salvo el de la estación 6 (M. Hernández) que fue de 3.25 phi; el grado de selección en todas las estaciones varió de mal seleccionado a muy mal seleccionado y la asimetría, salvo la de las estaciones 5 y 6, donde fue negativo, varió de positivo a muy positivo. De acuerdo con esta evaluación, el sedimento del área de estudio está formado principalmente por limo, con bajo hidrodinamismo y fuerte influencia de la carga sedimentaria de los ríos. Las excepciones ocurrieron en las estaciones 5 y 6 que presentaron influencia de sedimento de granos más gruesos, lo que puede ser debido al gran movimiento de tierra ocurrida en el área terrestre adyacente. Las concentraciones de carbono orgánico en el sedimento variaron de 0.43% en el punto 6 (Matías Hernández) a 2.29% en el punto 8 (Tocumen) (Cuadro N° 3.29).

Cuadro N° 3.31 - Granulometría del sedimento, profundidad, densidad animal, número de especies, diversidad de Shannon y equitabilidad en los puntos de recolección

Puntos	1 Venado	2 Farfán	3 C.Viejo	4 Matas Nillo	5 Boca Caja	6 Hernandez	7 J.Diaz	8 Tocumen	PBE	PL	PBW	Total
Profundidad (m)	3,5	4,5	3,0	3,5	4,0	4,0	4,0	4,0	18,0	18,0	18,0	
Diámetro Medio del grano (ϕ)	4.22	5.29	4.99	4.36	5.01	3.25	4.19	5.39				
Desvío Patrón (ϕ)	1.07	1.59	2.89	2.89	2.53	1.29	1.71	1.84				
Asimetría (ϕ)	0.32	0.48	0.48	0.48	-0.17	-0.28	0.11	0.36				
Carbono Orgánico (%)	0.66	1.63	1.04	1.05	1.16	0.43	0.70	2.29				
Densidad Animal (DA) /0.054m ²	68	24	108	1	3	20	17	59	54	41	49	444
Número de Especies (NE).	23	13	29	1	3	9	2	7	10	9	17	55

Puntos	1 Venado	2 Farfán	3 C.Viejo	4 Matas Nillo	5 Boca Caja	6 Hernandez	7 J.Diaz	8 Tocumen	PBE	PL	PBW	Total
Diversidad Específica (DE)	2.78	2.16	2.95	0	1.10	1.94	0.23	0.62	1.75	1.82	2.21	3.01
Equitabilidad	0.87	0.84	0.88	0	1	0.88	0.34	0.32	0.76	0.83	0.78	0.75

En las dos campañas fueron reunidos un total de 444 organismos (Cuadro N° 3.29). En la primera campaña, cuando las recolecciones fueron realizadas en tres estaciones de mayor profundidad y más lejos de la costa, se obtuvieron 144 organismos, que corresponde a una media de 48 organismos/estación; en cambio en la segunda, en ocho estaciones con la profundidad más pequeña y más próximas a la costa se obtuvieron 300 organismos correspondiente a una media de 38 organismos/estación. Respecto a las otras estaciones, la de número 3 (Casco Viejo) presentó el valor más alto de densidad animal mientras los valores más pequeños se obtuvieron en las estaciones 4 y 5, las otras estaciones formaron un grupo de valores intermedio.

El número total de especies fue de 55 (Cuadro N° 3.29). En la primera campaña se colectaron 24 especies correspondiendo a una media de 8 especies/estación y en la segunda 55 especies que corresponde a un promedio de 6.8 especies/estación. Los valores más grandes de este índice (número de especies) se obtuvieron en las estaciones 1, 2, 3 y PBW; los valores más pequeños ocurrieron en las estaciones 4, 5 y 7. Las otras estaciones presentaron valores medios.

La diversidad específica del área alcanzó el promedio de 3.01 (Cuadro N° 3.29). Los valores más grandes se encontraron en las estaciones 1, 2, 3 y PBW; los más pequeños se obtuvieron en 4, 5, 7 y 8. Los otros puntos presentaron valores medios.

La densidad total y la riqueza de especies por punto reflejaron las condiciones biológicas de los fondos poco profundos de la bahía de Panamá. Los lugares más empobrecidos fueron los puntos 4 y 5, sin embargo, los resultados de la diversidad y equitabilidad en el punto 5 indican una comunidad en equilibrio, o sea está con relativa diversidad alta. Este hecho ocurre por mera habilidad del cálculo debido a la fórmula del índice, de esta forma no puede considerarse sólo los resultados de estos dos índices en la interpretación de la estructura de la comunidad. El punto 3 (Casco Viejo) presentó una riqueza sorprendente de especies (29spp) y abundancia (2.000 individuos/m²). Este hecho puede estar indicando, dada la situación de los puntos, que el ambiente presenta fuertes indicaciones de la recuperación, toda vez que los puntos al lado y cercanos (Matasnillo y Boca la Caja) fueron los que presentaron las más bajas densidades y riqueza de especies. Esta capacidad probable también reside en el hecho que gran cantidad de larvas de especies bentónicas se identificaron en las muestras del zooplancton (meroplancton).

El área comprendida entre los puntos 6 y 8 presentó resultados que indican comunidades en situación moderada de "tensión", sin embargo el agente "stressante" puede ser una asociación de factores, como la acción de olas observadas en el lugar, la contribución de las redes de alcantarillado y otro detritos descargados por los ríos, entre otros.

Los puntos más profundos (PL, PBE y PBW), localizado cerca del área futura de descarga del emisario, presentó diferencias considerables, principalmente en el número de especies y

diversidad. Estos índices indican un gradiente del punto PBE para el PBW, esto puede relacionarse a la influencia de los ríos o a la presión la pesca de fondo que el lugar sufre y estos factores parecen ser más eficaces en dirección a los estuarios de los ríos Juan Diaz y Tocumen.

La densidad total fue significativamente diferente entre los puntos de la recolección ($F = 6,182$; $p < 0,001$) (Figura 3.15).

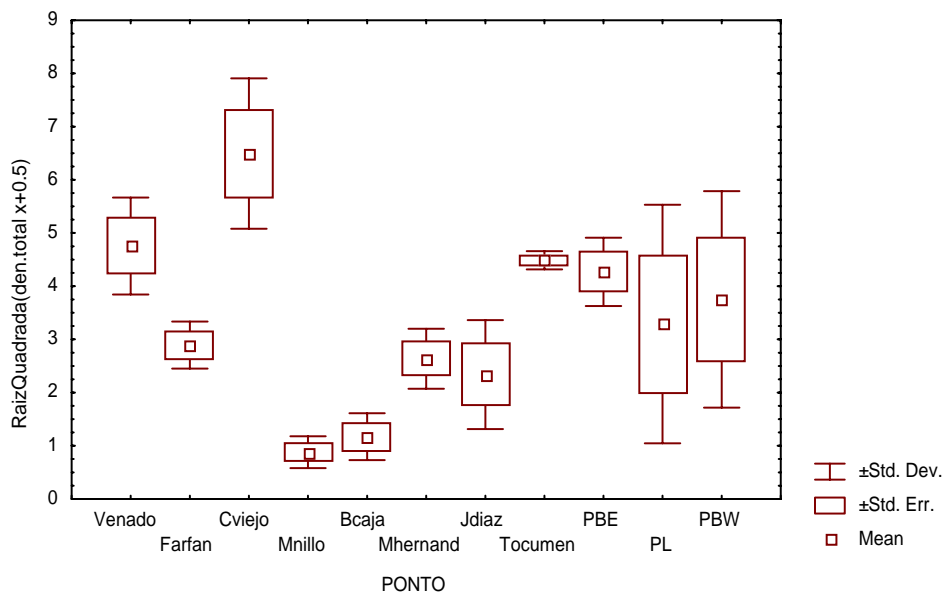


Figura 3.15 - Densidades medias, desvío normal y error normal entre los puntos de recolección. Las diferencias estadísticamente significativas se encontraron entre los puntos ($F = 6,182$; $p < 0,001$).

El número medio de especies presentó diferencias entre los puntos de recolección ($F = 6,33$; $p < 0,001$) y la figura 3.16 presenta el gráfico resultante.

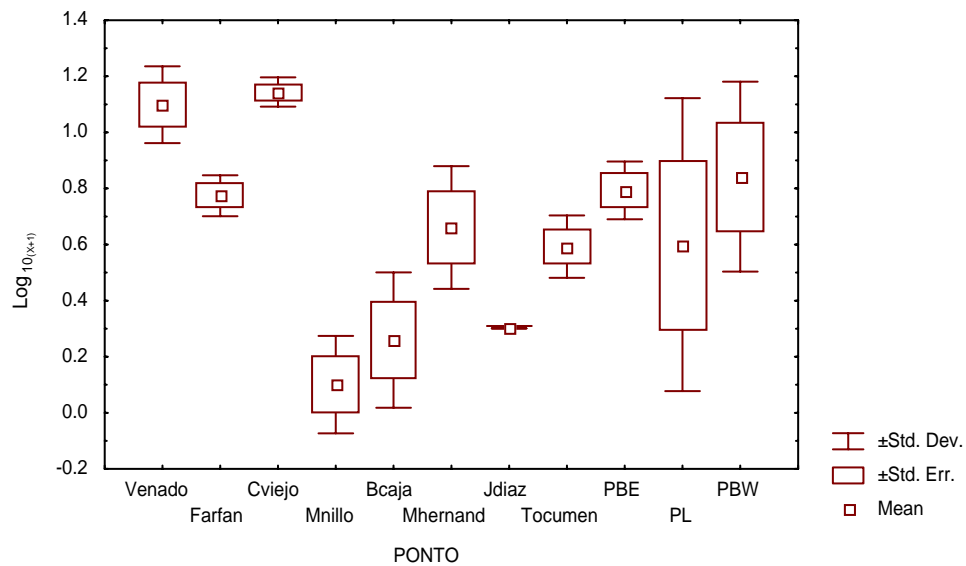


Figura 3.16 - Número medio de especies en los puntos de recolección. Diferencias significativas obtenidas entre los puntos ($F = 6,33$; $p < 0,001$)

El mismo resultado se obtuvo para el índice de diversidad (figura 3.17) ($F = 9,414$; $p < 0,001$).

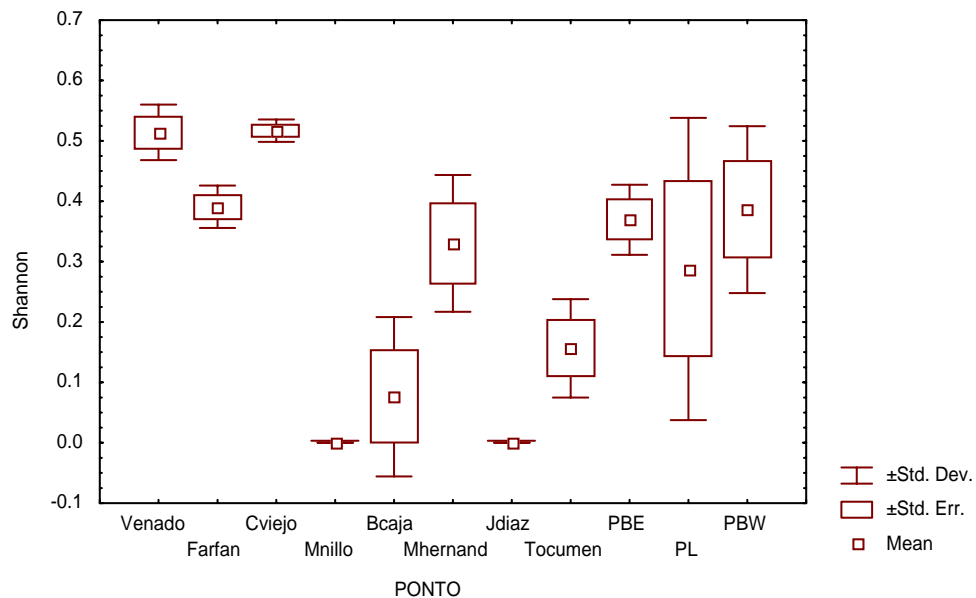


Figura 3.17 - Diversidad media entre los puntos de recolección. Diferencias significativas entre los puntos ($F = 9,414$; $p < 0,0001$).

El análisis de los gráficos presentados en las figuras 3.15, 3.16 y 3.17 evidencia un claro patrón mencionado previamente, sin embargo las diferencias encontradas están basadas en diferencias estadísticamente probadas.

El dendrograma (figura 3.18), resultado del análisis de agrupación aplicado a los resultados específicos demostró la formación de dos grupos de puntos de recolección y el aislamiento de los puntos localizados cerca de la boca del río Matasnillo y en Boca la Caja. El aislamiento de los puntos mencionados ocurrió debido al empobrecimiento de especies e individuos.

El grupo1 reunió los puntos de Juan Diaz, Matías Hernández, Farfán y Tocumen, e indicaron semejanzas en la faunas entre esos lugares. El grupo 2 reunió los puntos PL, PBE, PBW, el localizado cerca de la boca del río Venado y en el Casco Viejo; también reunidos en un mismo grupo debido a las similitudes en la composición específica.

Estos resultados hacen pensar en la existencia de una semejanza faunística acentuada entre los puntos localizados en las profundidades más rasas y alguna diferencia de éstos con los ubicados en mayores profundidades (PL, PBE y PBW), que no obstante poseen especies comunes. Las diferencias faunísticas existentes entre los puntos PL, PBE y PBW están asociadas, en último análisis, a las diferencias en la profundidad, sin embargo se encuentran especies comunes con los otros puntos poco profundos reunidos en el agrupamiento.

Con la relación a los puntos poco profundos (1 a las 8), también se encuentran diferencias en la composición del bentos que pueden relacionarse al efecto de los estuarios de los ríos Juan Diaz y Tocumen, y al canal de Panamá, sin embargo quedó evidente el estado alterado de los puntos de Boca la Caja y Matasnillo.

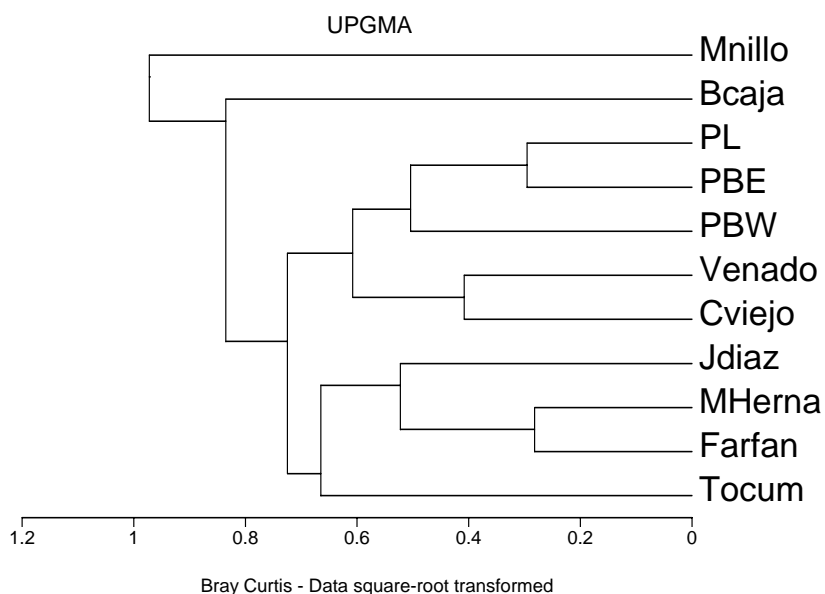


Figura 3.18 - Dendrograma resultado del análisis de agrupación aplicada a los datos específicos. Se formaron dos grupos y se aislaron dos puntos.

El análisis factorial de correspondencia (Figura 3.19) aplicado a los datos de las especies con abundancia superior al 1%, extrajo dos ejes que explicaron el 46% de la variación y los

grupos formados por el análisis de agrupación quedaron ordenados a lo largo de forma similar.

El eje 1 (25%) se formó por las coordenadas positivas del Matasnillo asociadas a la *Cossura candida* y por las coordenadas negativas de PL, PBE y PBW, asociadas a la *Armandia* sp, *Lumbricalus* sp, *Nereis* sp, y *Paraprionospio pinnata*. Esa disposición refleja dos aspectos de la comunidad, el empobrecimiento presentado en el punto próximo al río Matasnillo (Punto 4), y a la profundidad. Todavía sobre estas asociaciones, se destaca que las únicas especies encontradas en el punto 4 (*Cossura candida*) es un poliqueto detritívoro comedor de depósitos sub-superficiales y con capacidad de desplazamiento, lo que refuerza las características del lugar. Por otro lado, la asociación de especies encontradas para los puntos PL, PBE y PBW, además de presentar mayor riqueza de especies y abundancia, fue constituida por organismos con varios hábitos alimentarios: *Armandia*, y *Paraprionospio* son detritívoros, *Nereis* y *Lumbricalus* son especies carnívoras, que en la ausencia de presas pueden alimentarse de materia orgánica.

La disposición de los demás puntos de recolección y especies a lo largo del eje 1 demostró un enriquecimiento de especies del punto 5 (Boca la Caja) en dirección al punto 8 (Tocumen), con destaque para la posición que el mejor punto de la región rasa asumió en relación al eje 1, Casco Viejo (punto 3). El hecho de que este punto haya quedado al mismo lado que el punto 4 (Matasnillo) se debió a que la *Cossura candida* también fue colectada en el punto 3, sin embargo la riqueza de especies y abundancia de individuos que caracterizó la asociación del punto 3 refleja las mejores condiciones del lugar en relación a los demás puntos ubicados en el área rasa.

El eje 2, responsable por el 21% de la variación reflejó principalmente la asociación de Tocumen y Juan Díaz con el poliqueto *Capitella capitata*, esta especie es conocida como indicadora de contaminación orgánica, asociada a sedimentos con elevada concentración de gas sulfídrico. Los resultados de carbono orgánico en los sedimentos corroboran este hecho, toda vez que los puntos con las más altas concentraciones fueron los que presentaron las más altas densidades de *Capitella capitata*. A pesar de haber sido colectada en otros lugares, las más altas densidades se obtuvieron en el Tocumen (punto 8) y Juan Díaz (punto 7) respectivamente, alcanzando densidades de 944 individuos/m² en el punto 8.

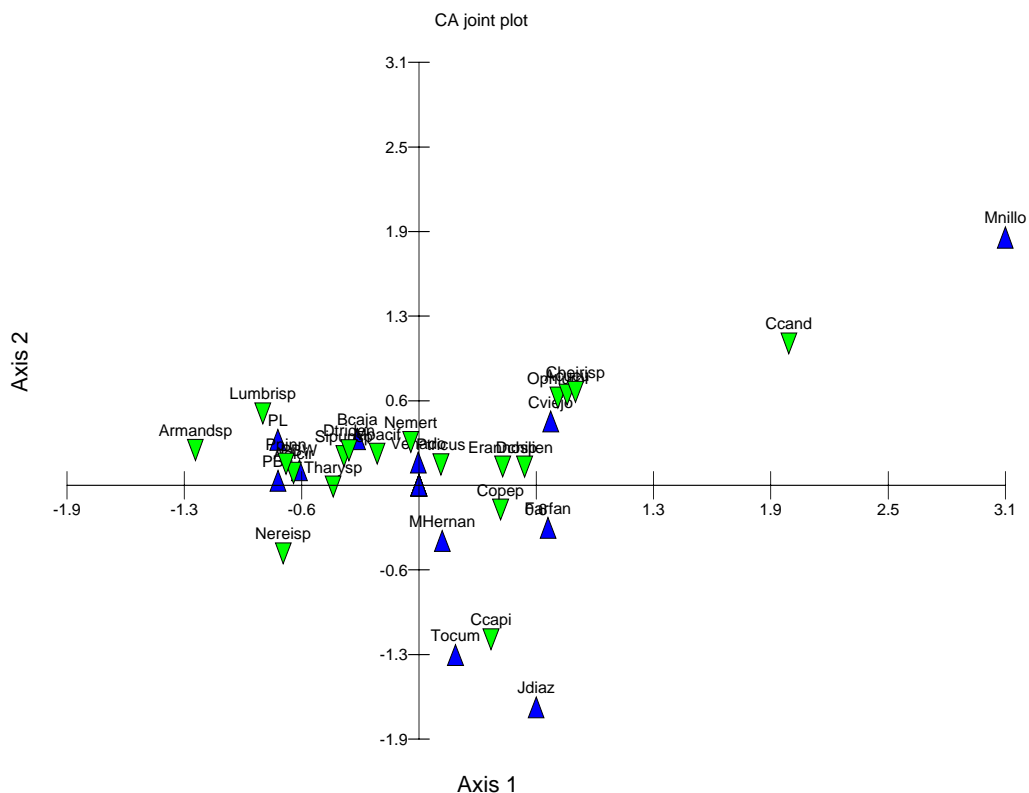


Figura 3.19 - Ejes 1 y 2 resultantes del análisis factorial de correspondencia aplicada sobre los datos de la macrofauna bentónica con abundancia superior al 1%. Eje 1 explicó el 25% y eje 2, 21% de la variación en los datos, reflejando los efectos de la profundidad y empobrecimiento de especies e individuos en el eje 1 y las condiciones de eutroficación de los puntos 4, 7 y 8 (Matasnillo, JuanDiaz y Tocumen) en el eje 2.

A pesar de las malas condiciones encontradas principalmente en los puntos 4 y 5, y no muy buenas en 6, 7 y 8, el ambiente bentónico presenta indicaciones de que una vez cesados los agentes impactantes, las comunidades se restablecerán y podrán llegar a estados semejantes a los lugares con mejores condiciones.

3.2.5 Ictiofauna

3.2.5.1 Introducción

Hasta hace algún tiempo atrás hablar sobre amenaza a la vida marina era cuestionable. Era difícil imaginar que en la inmensidad de los océanos, la diversidad de especies sería colocada en riesgo por el hombre. Hoy, sin embargo, existen evidencias de que la pesca excesiva, la contaminación y el desarrollo de las regiones litorales están tornándose en una amenaza concreta. Todos los años, 20 millones de toneladas de peces son devueltos al mar por las empresas pesqueras. El problema es que esos peces y otras especies marinas son tirados al mar sin vida.

El desperdicio representa casi un cuarto de los 84 millones de toneladas pescadas anualmente en todo el mundo. Lo que es descartado de las redes por no atender a las condiciones de comercialización, se suma a otros problemas como la falta de reglamentación adecuada y la inactividad de los gobiernos. Todo eso está provocando un efecto devastador en la población mundial de peces.

Algunas especies, como el atún, están amenazadas de extinción debido a la pesca exagerada para atender la enorme demanda. En el Atlántico Norte, la población de pez espada declinó en 70% en las últimas dos décadas. Datos de la ONU indican que por lo menos 60% de las 200 especies comerciales más valiosas están en situación crítica, provocada por la pesca excesiva. La ONU denominó el año 1998 como Año Internacional de los Océanos en reconocimiento a la importancia de la vida marina para el mundo y para incentivar el desarrollo sostenible. Es importante resaltar que la destrucción de los ecosistemas litorales es una amenaza para el propio hombre, una vez que pone en riesgo la producción pesquera, una rica fuente de alimento.

Por lo tanto, la evaluación de reservas pesqueras busca brindar recomendaciones para la exploración de los recursos acuáticos vivos, tales como peces, camarones y moluscos. Estos recursos limitados, más renovables, hacen de la evaluación de reservas una búsqueda por el nivel "óptimo" de exploración que, con el pasar del tiempo, brinden el máximo de capturas en peso de pescado (Russ, 1991).

Para un correcto manejo de la pesca, es fundamental la identificación de unidades de reservas pesqueras. Hasta un modesto tipo de pesca puede llevar al agotamiento de una reserva, inclusive antes de renovarse. Por tanto el manejo de la pesca estipula límites que prevengan el colapso de las poblaciones de especies pescadas.

El levantamiento de las condiciones oceanográficas que puedan determinar el aislamiento de las poblaciones; la determinación de los caracteres individuales por los cuales se pueda identificar los miembros de cada reserva; y la delimitación del área geográfica habitada por estas especies, son algunos factores importantes para una investigación confiable de la reserva pesquera (Gross, 1972). La dirección y la velocidad de las corrientes superficiales y sub - superficiales posee gran influencia sobre la distribución, abundancia y capacidad de sobrevivencia de muchas especies marinas, cuyos huevos y larvas son componentes del plancton.

En el caso de especies demersales, las formas jóvenes emigran, en la etapa apropiada, para regiones del fondo donde se integran al grupo de individuos adultos.

Las barreras ambientales son también factores determinantes de las reservas pesqueras. Las poblaciones marinas presentan, en la mayor parte de su ciclo vital, una estrecha zona de tolerancia a variaciones en la temperatura y salinidad del agua, de modo que unidades de reserva puedan formarse en relación a las necesidades de adaptación locales.

La temperatura influye en la formación de unidades de reserva en tres formas:

- 1) Altera el ritmo de maduración de las gónadas, induciendo variación en la ocurrencia de la época principal de desove;

- 2) Altera en la época de desove, determinando variaciones en la fertilidad de los óvulos, fluctuación en la cantidad de los huevos y, probablemente en la duración del período de incubación;
- 3) Produce variaciones en el período de incubación y sus implicaciones sobre la mayor disponibilidad de alimento externo, lo cual determina variaciones en el suceso del desove y, por consecuencia, en la potencia de la clase anual.

El método de monitoreo espacial puede ser utilizado en el estudio de la distribución de las poblaciones de organismos marinos, principalmente cuando estos son sésseis y ocupan posiciones más o menos fijas durante la fase adulta, como acontece con la mayoría de los moluscos (ostras, almejas, mejillones, etc..)

Entretanto, cuando lidiamos con poblaciones móviles (peces y crustáceos) de ambientes interiores y marinos, cuyos individuos están en constante movimiento, la recolección de muestras en sitios diversos del área territorial, para estimar la densidad relativa o la distancia entre individuos, puede generar resultados no confiables, ya que las posiciones por estos ocupadas cambian constantemente.

Así es importante determinar la posición relativa de los individuos en diferentes épocas del año, a lo largo del ciclo vital; el tipo de movimiento ejecutado para asumir un cierto tipo de distribución en este período; y el factor biológico responsable por este comportamiento migratorio y la consecuente distribución espacial.

Debido a factores ambientales y biológicos, no existe dispersión totalmente aleatoria. Cualquier distribución es determinada por la predominancia de una de las dos funciones biológicas fundamentales: reproducción y alimentación.

Dependiendo de la época del año y de la fase del ciclo vital, se puede evaluar a través de los parámetros de dispersión qué tipo de distribución los individuos asumen. La distribución horizontal es cuando los individuos se encuentran en contacto directo con el substrato (Ej. langosta, camarón, lenguado), y por tanto se mueven hacia áreas más profundas de la plataforma continental. En tanto que en la distribución vertical, los individuos viven en la masa de agua y los jóvenes, habitando las capas superficiales, emigran hacia las zonas más profundas a fin de juntarse a la reserva adulta.

En la época de reproducción los individuos salen de las áreas de alimentación para las de desove, ejecutando dispersión predominantemente direccional, con pequeña tendencia aleatoria y asumiendo una distribución agregada en estas áreas (Leis, 1991). Por lo tanto, las áreas de alimentación y de desove son separadas, y los individuos se dispersan al retornar hacia las áreas de alimentación.

La pesca, como actividad económica, busca maximizar su eficiencia en el sentido de obtener mayor producción con menor cantidad de esfuerzo y costos más bajos. De esa forma, el conocimiento de las rutas migratorias de las poblaciones de peces que poseen valor comercial es muy importante, pues los individuos se movilizan y se distribuyen de acuerdo con las necesidades de adaptación ambiental y funciones vitales.

La bahía de Panamá forma parte del Golfo de Panamá y está sujeta en general a las mismas condiciones hidrometeorológicas que en el Golfo de Panamá descritas por Forsbergh (1963). La topografía del fondo indica un poco de inclinación, cerca de 1 metro por kilómetro, lo que

facilita la acumulación de sedimentos lodosos. En algunos casos la acción de las olas y de las corrientes no permiten la acumulación del lodo, dejando los sedimentos compuestos principalmente por arena. Existen también bancos coralinos en algunos sitios de la bahía.

Las grandes amplitudes de mareas, con el máximo de variación diurna de 6 metros, expone dos veces por día una amplia franja del litoral a lo largo de la costa.

Los ríos, riachuelos y otras aguas interiores en general transportan depósitos provenientes de tierra. Estos contienen desechos industriales que entran en la bahía, estando sujetos a la distribución y acción de mareas y corrientes.

Los sedimentos de la bahía de Panamá presentan relativamente alto contenido de carbono orgánico, cerca de 5%, y altas concentraciones de algunos metales pesados (Kwiecinski y Col, 1973). En parte esta contaminación puede estar relacionada con el aporte de desechos industriales.

Tal contaminación del fondo puede con el tiempo afectar de forma adversa las especies comerciales y la fauna marina en general y producir desequilibrio en sus ciclos vitales y acumulación de los elementos contaminantes en las mismas especies, perjudicando la calidad del pescado (Pomeroy et al., 1976)

Se realiza aquí un análisis comparativo de los datos sobre el levantamiento y descripción de las principales especies de peces, crustáceos y moluscos capturados en la bahía de Panamá (Tecnipan S.A.), y los datos cuantitativos referentes al desembarque de pescado realizado en la región en 1995 y 1996.

3.2.5.2 Distribución y abundancia de peces e invertebrados

En los meses de marzo, abril y mayo de 1976 fueron colectados un total de 92 especies de peces óseos y 45 especies de invertebrados en aguas abiertas en la bahía de Panamá en 17 estaciones ubicadas en el área comprendida entre la isla Flamenco y la estatua Morelos. Los sitios de colecta se ubicaron a diferentes distancias del borde costero, tal como se muestra en la Figura 3.20.

La Figura 3.21 muestra el peso total y el número medio de individuos colectados por hora en las siete estaciones durante el período de estudio.

La estación 13 fue la que presentó una mayor abundancia y peso total de peces capturados (6503 individuos / hora y 280.1 kg.). Seguida por la estación 10 (4161 ind. / hora y 270.6 kg.) y estación 11 (4152 ind. / hora y 135.3 kg.). Por otro lado, la estación 17 fue la que presentó la menor abundancia de peces (2777 ind. / hora). Sin embargo, lo mismo no ocurrió para el peso total capturado (205.7 kg.), pues a pesar de que esa estación presenta menor abundancia, fue en la estación 11 que ocurrió el menor peso total capturado. (Figura 3.21)

Las especies de peces más abundantes en la estación 10 fueron: el lenguado *Syocium ovale*, el carangídeo *Vomer declivifrons* y la corvina *Cynoscion* sp. que juntos representan cerca de 55% del total recolectado. El carangídeo *V. declivifrons* fue la especie más abundante en la estación 11 (50% del total), y junto con el lenguado *S. ovale* y la corvina *Elattarchus archidium*, representaron 72 % del total de peces capturados. Esta especie de corvina fue la

más abundante en la estación 13 (23%). Y en la estación 12 casi la mitad de los peces capturados (45.9%) fueron de la especie "cabezón" (*Pomadasys panamensis*).

En cuanto que en las estaciones 14, 15 y 17, la especie más capturada fue el bagre *Cathrops gulosus* (35% en media). (Ver Figura 3.22).

Entre las especies que poseen importancia comercial, las únicas que ocurrieron en todas las estaciones fueron las especies de corvina. En cuanto que Sierra (*Scomberomorus calcutatus*) ocurrió de la estación 10 a 14, y el Robalo (*Centropomus unionensis*) en las estaciones 10, 11 y 17. Otras especies tuvieron una distribución más restringida, el Pargo (*Lutjanus guttatus*) fue colectado apenas en la estación 10, y eso puede ser explicado por la presencia en ese sitio de substrato rocoso que sirve de abrigo para esa especie.

Cabezón (*P.panamensis*) fue la especie de pez más abundante en las estaciones 10 (201 ind. / hora) y 12 (283.3 ind. / hora). En las otras estaciones las cuatro especies de corvinas fueron las más abundantes promediando cerca de 50% del total de peces capturados en cada estación. (Figuras 3.23 a 2.30)

La abundancia de los invertebrados fue muy baja en todas las estaciones de colecta, con excepción para las especies de camarón blanco y tití, que fueron capturados en gran número en las estaciones 13, 14 y 15. Es interesante resaltar que el camarón blanco fue más abundante en la estación 13 (348 ind. / hora), mientras que el camarón tití presentó mayor abundancia en las estaciones 14 (329.3 ind. / hora) y 15 (184 ind. / hora). Estas especies de gran importancia económica en la región, poseen posiblemente una separación espacial, que disminuye la competencia.

Figura 3.20 - Ubicación de estaciones de colecta de ictiofauna

Fuente TECNIPAN, S.A. y HAZEN AND SAWYER

Figura 3.21 - Peso total y número medio de peces colectados

Figura 3.22 - Lista de especies más abundantes en la Bahía de Panamá

Figura 3.23 - Especies de peces colectadas en la estación 10

Figura 3.24 - Especies de peces colectadas en la estación 11

Figura 3.25 - Especies de peces colectadas en la estación 12

Figura 3.26 - Especies de peces colectadas en la estación 13

Figura 3.27 - Especies de peces colectadas en la estación 14

Figura 3.28 - Especies de peces colectadas en la estación 15

Figura 3.29 - Especies de peces colectadas en la estación 17

Figura 3.30 - Abundancia del camarón blanco en al Bahía de Panamá

Peces

a) Riqueza de especies de peces

La diversidad de los peces óseos en el local, estimada en el presente estudio por el número de especies, es un reflejo de las condiciones ambientales. En los locales en que el hábitat presenta una mayor complejidad estructural, y posiblemente no hay una gran contaminación del agua y del sedimento, entonces hay un mayor número de especies que consiguen coexistir en aquel sitio.

Entre los tres meses de estudio fue encontrado un número medio de especies mayor en la estación 10 (31.3), y a lo largo de las otras estaciones ese número va disminuyendo, con excepción de la estación 13, que es el segundo sitio de mayor diversidad.

b) Peces de importancia comercial

La corvina fue la especie más capturada en términos de peso total, tanto en el año de 1995 (114.710 kg.) como en 1996 (229.419 kg.), teniendo en un año apenas el aumento en cerca de 100% en el peso capturado.

Otras tres especies tuvieron también bastante importancia económica. Son ellas: Cojinoa, Sierra y Pargo. Entretanto cada especie no sobrepasó los 50.000 kg. de peso total en cada año.

Además de los peces, crustáceos y moluscos son importantes en la pesca artesanal de la región. Los camarones fueron los más representativos con 48.447 kg. (1995) y 96.895 kg. (1996), eso representando un aumento de más de 100% en las capturas entre los dos años.

Comparando el peso total y la recaudación referente a los dos años, observamos también un crecimiento de más de 100%. En términos de peso total capturado y porcentual, los pescados fueron mucho más importantes que camarones y moluscos. El gran aumento en el esfuerzo de pesca, representado aquí por el número de embarcaciones (botes, cayucos y bolichero artesanal) de 1995 para 1996, es el principal responsable por el aumento en la captura del pescado en la región. Siendo el bolichero artesanal la principal embarcación de pesca, capturando en media 30% a más de pescado por día.

c) Conclusiones

La correlación de la distribución de los peces, con los parámetros de contaminación pueden mostrar patrones que indican la presencia de contaminantes y así servir como indicadores. La estación 13, por estar más separada de la costa, recibe menos influencia de los contaminantes provenientes de las aguas continentales, y por tanto presenta una mayor abundancia y peso total de peces capturados que en las otras estaciones.

Entretanto, la distribución de las especies en el área, está controlada por otros factores además de la contaminación. Muchas especies (Ej.: Robalo, Pargo, Mariposa) que estuvieron presentes en las estaciones 10 y 11, no fueron encontradas en las otras estaciones; eso se debe principalmente al tipo del substrato en el fondo. En el área de las

estaciones 10 y 11, el fondo presenta muchas piedras. En tanto que el fondo de las otras áreas son predominantemente lodosos.

Una alternativa para aumentar la abundancia de especies de importancia comercial, y que precisan de hábitats específicos para establecerse, sería la construcción de estructuras artificiales, posibilitando así el crecimiento de esas poblaciones (Ej.: Pargo).

Las condiciones ambientales son los principales factores que determinan la diversidad en cada estación. Entretanto las abundancias relativas de las especies en cada estación, cambian debido a los factores ecológicos. Entre las cuatro especies de corvinas la competencia es bastante grande, en vista de que ellas poseen necesidades ecológicas similares, y ocurre claramente una segregación espacial en la utilización del hábitat. Lo mismo ocurre para las especies de camarón blanco y tití que fueron más abundantes en estaciones distintas.

El bagre (*Cathrops gulosus*) es la especie más capturada en las tres estaciones más próximas a la costa. Esta especie es bastante resistente, y no necesita de una agua de buena calidad para la sobrevivencia, y además de eso se alimenta básicamente en sedimentos lodosos, que son característicos en esas estaciones.

Con relación a la pesca comercial en la región, se concluye que el aumento en cerca de 100% en la captura del pescado entre los años de 1995 y 1996, se debe a un aumento del esfuerzo de pesca, representado aquí por el número de embarcaciones, y no por un crecimiento de las poblaciones exploradas, o sea en la reserva pesquera.

La construcción de un emisario submarino en la bahía de Panamá podrá aumentar tanto la diversidad como la abundancia de la ictiofauna, principalmente en las áreas más contaminadas próximas a la costa. Especies demersales, como el lenguado, las corvinas, cabezón, robalo y pargo; sufren bien más en condiciones adversas de aquellas especies pelágicas como anchoveta y carangídeos que poseen mayor desplazamiento, y pueden así colonizar otras áreas.

Por otro lado, el sitio de descarga del emisario puede hacer con que ocurra una concentración de especies detritívoras (Ej.: Bagre), aumentando a productividad secundaria.

3.2.6 Condiciones de los componentes socioeconómicos y culturales del ambiente

3.2.6.1 Demografía

El área de estudio incluye a 21 corregimientos de los distritos de Panamá y San Miguelito en 65 subcuencas de los ríos que atraviesan a dichos corregimientos desembocando en la Bahía de Panamá.

Los estudios realizados para el Ministerio de la Vivienda, la Región Interoceánica y consultorías relacionados al sector de agua potable y alcantarillados sanitarios a solicitud del Ministerio de Planificación y Política Económica, Ministerio de Salud, Ente Regulador de los Servicios Públicos, Instituto de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios, son los que, en una u otra forma, se relacionan con el presente estudio del Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá.

La ciudad de Panamá ha jugado un papel preponderante en el desarrollo del país, principalmente por la construcción del Canal. Tal es su magnitud que, de acuerdo a datos suministrados por la Contraloría General de La República en sus publicaciones estadísticas, según el censo de 1911, la provincia de Panamá representaba el 18.4 % de la población del país y ya en 1990, el 46%.

La tasa de crecimiento de población por cada 100 habitantes en la provincia fue superior a la del país, variando entre 5.25 en 1911 a 2.85 en 1990. Las tasas de crecimiento anual de la población, tanto del país como de la provincia de Panamá, son consecuentes en su tendencia a disminuir, pero ésta disminución es más significativa en ésta provincia.

En el área metropolitana, principalmente en el distrito de San Miguelito, la población ha crecido significativamente, ya que en 1970 tenía 68,400 habitantes y en 1990 contaba con 3.6 veces más de población, con un total de 243,025 habitantes. Sin embargo, la tasa de crecimiento anual disminuyó en aproximadamente la mitad de la década anterior.

Mientras tanto, el distrito de Panamá con una población de 386,627 habitantes en 1970, crece a una tasa anual de 2.13 y 2.06 en las décadas de 1970 y 1990, respectivamente. El distrito de Panamá tenía una población de 584,803 en 1990.

Del estudio de población realizado por el Consorcio se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- El Corregimiento de Ancón no tendrá un crecimiento tan acelerado como señalan otros estudios anteriores. Se ha considerado un crecimiento dentro de las características propias del área y dentro de los parámetros establecidos por la Autoridad de la Región Interoceánica (ARI).
- Ancón tendrá una actividad de servicio de diferentes áreas como las portuarias, comerciales, bancarias, turismo, etc. del lado del Canal y la ciudad de Panamá, con pocas áreas de características habitacionales. La población se ubicará al lado oeste del Canal hacia las áreas de Arraiján y Veracruz.

- La cuenca del Río Curundú, que es abarcadora de los corregimientos San Felipe, Chorrillo, Santa Ana, Curundú y Calidonia, prácticamente llegó a su nivel de saturación, salvo los cambios de espacios físicos con inversiones de capital y mano de obra que se realicen para aprovechar áreas de mayor concentración.
- El crecimiento de mayor importancia se da en aquellos corregimientos en que se plantea una estrategia de desarrollo de nodos y centros de actividades, como el Nodo Primario que involucra al Centro y Ancón Este. El Nodo del Centro donde entran los corregimientos de Calidonia, Bella Vista, San Felipe, El Chorrillo y Santa Ana están próximos a la saturación urbanística. Este nodo tendrá una población de 166,467 habitantes para el año 2020. Se integrará al otro Nodo de Ancón Este por medio de un sistema vial expandido para conformar una gran Metrópolis.
- El corregimiento de Tocumen tomará relevancia al constituirse en centro principal, dada su posición geográfica con respecto al aeropuerto y fácil comunicación por vías terrestres de rápido acceso, que se construyen actualmente, como lo son el Corredor Sur y el Corredor Norte. Además, se consideran incentivos fiscales para su desarrollo e inversión de capital.
- Los corregimientos del distrito de San Miguelito juegan un tremendo impacto en el desarrollo del área. El corregimiento de Belisario Porras y el de José Domingo Espinar son los corregimientos de mayor población en el área de estudio ya que cada uno tendrá mayor población que el nodo de centro formado por varios corregimientos. Su población será de 170,720 y 192,429 respectivamente, lo que representa casi el 25 % de la población total del área de estudio.
- Para atender toda esta población se requerirán fuertes inversiones en infraestructuras de diferente índoles, destacándose el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá para la salud de la comunidad.
- La inversión de capital debe valorarse en ésta área, tanto por la empresa privada como por el Estado Panameño, ya que los beneficios son múltiples y de diferentes características para toda la población, no solamente para el área de estudio, sino también para las vecinas y para todo el país en general.
- El Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá es una inversión de gran necesidad, por un lado por el bienestar y salud de la población del área. Por el otro, desde el punto de vista de desarrollo turístico es de gran importancia la ejecución de las inversiones para que sean cónsonas con las que se realizan en otros sectores de la economía del país.

3.2.6.2 Salud

Aspectos de salud de la población relacionados con el nivel de saneamiento de la comunidad

El agua, como elemento indispensable para la vida, tiene una diversidad de usos insustituibles en las actividades del hombre como son: ingesta, cocina, limpieza, evacuación de desechos, usos comerciales, industriales, públicos y recreativos; sin mencionar su papel clave en la biología de los organismos vivos, en síntesis: sin agua no hay vida. Sin embargo, para que el agua pueda seguir cumpliendo sus importantes roles debe preservar su calidad de incontaminación como medida para no convertirse en un medio de propagación rápida de enfermedades y muerte.

La contaminación de las fuentes de agua es un verdadero problema de salud de magnitud incalculable, que va en aumento en las grandes ciudades donde no existe un sistema de tratamiento de las aguas residuales y/o un adecuado abastecimiento de agua potable, llevando así a cada hogar e individuo el riesgo de verdaderas epidemias transmitidas a través del agua y provocando a la vez la contaminación y destrucción de la flora y fauna marina adyacente a estas ciudades. En conclusión, adversamente el agua en lugar de ejercer su papel como elemento promotor de la salud y la vida, paradójicamente se convierte en agente promotor y propagador de enfermedades y muerte.

La contaminación del agua puede estar dada por la presencia de agentes vivos patógenos como también por elementos como: detergentes, productos tóxicos, metales, insecticidas, sustancias radiactivas y todo aquello que pueda ser nocivo para la salud del ser humano, la fauna y la flora.

Está demostrada la incidencia de la calidad del agua en la salud, y a la vez, su efecto en el aspecto económico de una comunidad, se deriva del primero. Así, cuando el agua potable llega a todos los miembros de una comunidad en forma permanente y sin riesgos de contaminación, disminuye directamente la frecuencia de enfermedades transmitidas vía hídrica y, en consecuencia disminuye también la pérdida de horas de trabajo y disminuye también la pérdida monetaria en concepto de atención médica por morbilidad por estas enfermedades y la adquisición de medicamentos para su tratamiento en la población.

No podemos entonces hablar de saneamiento o tratamiento de aguas residuales en una comunidad sin que antes exista un adecuado suministro de agua potable en cantidad suficiente y constante, en forma permanente para cubrir las necesidades de su población. Por lo que existe una interrelación estrecha entre la necesidad de agua potable y de tratamiento de aguas negras, ya que al no disponer de suficiente abastecimiento de agua potable los individuos terminan contaminando la poca cantidad a la que tienen acceso creando un círculo vicioso que lleva a propiciar la cadena epidemiológica para la transmisión de muchas enfermedades.

Cabe señalar la definición de agua potable según la O.M.S. como: "... una solución incolora, clara, desprovista de olores y sabores desagradables y que no contenga más de 1,500 mg/l de sólidos totales ni más de ciertas cantidades de determinados contaminantes, además de atenerse a las normas de pureza bacteriológica." Existe en cada país como norma de salud requisitos físico-químicos y bacteriológicos para el agua que deben satisfacerse.

Para controlar la calidad del agua potable debe realizarse un protocolo de monitoreo mediante inspección permanente de los lugares de captación y distribución de la misma, por medio de análisis físico, químico y microbiológico y por la observación continuada de la población que la consume y el seguimiento epidemiológico de las enfermedades que pueden ser vehiculadas por el agua; además de la ejecución de programas de educación masiva a la población para la adopción de hábitos higiénicos en relación con los alimentos y el agua.

El agua llega a ser transportadora de enfermedades cuando es contaminada por diversas causas, las más importantes de las cuales son:

- 1 Causas orgánicas: aguas negras de origen doméstico que contienen bacterias patógenas, virus, huevos de parásitos intestinales, detergentes.

- 2 Contaminación inorgánica y mineral procedente de industrias mineras y de productos químicos, desperdicios comerciales,
- 3 Contaminación tóxica: fábricas de insecticidas, fenoles, petróleo, detergentes, metales pesados, contaminación radiactiva procedente de las instalaciones de extracción y limpieza, laboratorios de investigación , hospitales, precipitación radiactiva derivada de ensayos de armas nucleares.

Cualquiera que sea el origen de estos contaminantes, pueden contaminar las aguas superficiales y subterráneas, la tierra, los cultivos agrícolas, los lagos, ríos, zonas marítimas dedicadas a la pesca y la recreación. Los efluentes de terrenos agrícolas pueden arrastrar residuos de insecticidas a otras fuentes de agua como ríos , lagos y mares.

Las enfermedades propagadas por el agua afectan a grupos de individuos pequeños o grandes dependiendo de la magnitud de la población que consume el agua de dichas fuentes contaminadas. Estas enfermedades corresponden a una de las siguientes categorías:

- Enfermedades transmisibles propagadas por el agua, las cuales son causadas por agentes vivos como:
 - Parasitosis intestinal, amebiasis, cryptosporidiasis, giardiasis.
 - Enfermedades de etiología bacteriana como: Disentería bacilar, Tifoidea, Paratifoidea, otras salmonelosis, shigelosis, E. Coli, leptospirosis, tularemia, Campilobacter.
 - Enfermedades virales: Hepatitis infecciosa, virus Coxsackie, virus ECHO, Poliomiélitis, Cólera, Rotavirus.
 - Enfermedades por sustancias orgánicas en descomposición en el agua.
 - Enfermedades relacionadas con la falta de limpieza personal y/o de la ropa: Tracoma, Fiebre recurrente, tifus transmitido por piojo, sarna, buba, piodermatitis, impétigo, dermatomicosis y miasis.
- Enfermedades no transmisibles vehiculadas por el agua

Algunas enfermedades que pueden ser causadas por aguas contaminadas o insalubres incluyen: saturnismo (intoxicación por plomo), intoxicación por mercurio, plomo y otros metales o compuestos tóxicos, intoxicación por insecticidas, metahemoglobinemia idiopática, fluorosis dental, enfermedades causadas por sustancias radiactivas. Otros metales como arsénico, berilio, cadmio, manganeso, cromo, níquel, vanadio, pueden tener efecto a largo plazo, por ejemplo: cáncer de piel causado por intoxicación prolongada por arsénico.

La prevención de estas enfermedades está dirigida a interrumpir la cadena de transmisión para evitar que el agente causal alcance al hospedero susceptible. En última instancia esto se logra con el saneamiento o tratamiento del agua.

Otro factor que interviene en la epidemiología de las enfermedades de transmisión hidroalimentaria, además de la falta de saneamiento del agua y la carencia de servicios sanitarios, es como hemos señalado antes, si las viviendas tienen disponibilidad permanente de agua potable o sólo tienen acceso al agua potable una fracción del día, por lo que para suplir las deficiencias, almacenan agua en recipientes inadecuados, sin la debida protección

que finalmente terminan contaminándola, o simplemente al no tener agua ni siquiera se lavan las manos después de hacer sus necesidades fisiológicas, contaminando de todos modos el agua de tomar y sus alimentos. Esta práctica tendemos a atribuirle solo a bajos niveles de educación, pero la realidad es que muchas de estas viviendas no tienen acceso permanente al agua y estadísticamente en el censo de viviendas aparecen como viviendas con agua potable.

De mucha importancia también es si la comunidad tiene aguas contaminadas en su vecindad ya sea quebradas, ríos, mares, u otros cuerpos de agua, que utilizan para el baño, ingesta, pesca o recreación. Otro factor importante es el nivel de limpieza de la vivienda y sus alrededores, ya que la acumulación de basura ocasiona la proliferación de moscas, otros insectos y roedores que pueden contaminar el agua y los alimentos.

No podemos restar importancia al nivel de educación, el estilo de vida o hábitos antihigiénicos relacionados con la manipulación y consumo de los alimentos y el agua.

Entre las enfermedades de transmisión hidroalimentaria más estudiadas en Panamá se encuentran las Diarreas y las Gastroenteritis por su importancia epidemiológica debido a su alta incidencia, ocupando el segundo lugar entre las enfermedades transmisibles de notificación obligatoria, superadas solamente por las infecciones del tracto respiratorio. Su importancia en salud también es indiscutible por su gran impacto en la población ya que en la población adulta es causa de altas tasas de ausentismo laboral, y más importante aún, en la población infantil constituye a nivel de América Latina uno de los problemas de salud más graves, encontrándose entre las cinco principales causas de defunción de niños menores de un año y en muchos países ocupa el primer lugar como causa única de defunción en niños de 1 a 4 años.

Las Diarreas y las Gastroenteritis también constituyen uno de los principales factores causantes de retardo del crecimiento y desnutrición infantil. También son unas de las principales causas de hospitalización infantil debido a las complicaciones por deshidratación, la cual si no se trata adecuadamente y a tiempo puede cegar la vida de muchos niños.

Hacemos la salvedad de que ninguno de los estudios realizados relacionados sobre la incidencia o morbilidad por estas enfermedades refleja totalmente la gravedad de la situación, ya que existe un alto porcentaje de subregistro correspondiente a todos los casos que no buscan atención en los servicios de salud. Debido a esta situación se alcanzan porcentajes de subnotificación de hasta 20 a 40 % en la mayoría de los países.

Enfermedades de transmisión hidroalimentaria incluidas en este estudio

Para nuestro estudio seleccionamos las siguientes enfermedades tal como aparecen registradas semanalmente en el Informe Epidemiológico de casos confirmados de Enfermedades Transmisibles de cada institución a nivel del Ministerio de Salud: enfermedad diarreica aguda, hepatitis infecciosa, amebiasis, giardiasis e intoxicación alimentaria.

- ENFERMEDAD DIARREICA AGUDA en general: es la más importante de todas las enfermedades estudiadas, porque es uno de los indicadores primarios de la calidad de saneamiento básico. Además constituye la enfermedad de transmisión hidroalimentaria de más alta morbilidad; y es, así mismo, una de las cinco principales causas de enfermedad y muerte.

- HEPATITIS INFECCIOSA: en la cual se incluyó todos los tipos de Hepatitis, ya que en muchas instituciones no aparece la etiología de la misma en el Informe Epidemiológico.
- AMEBIASIS: No se incluía en los registros la clase de amebas o si presentaba otras complicaciones.
- GIARDIASIS: En muchas instituciones no se incluía como diagnóstico en los informes.
- INTOXICACION ALIMENTARIA: Aunque en algunas instituciones se realizan pruebas de laboratorio para determinar el agente causal, no es el caso en todas las instituciones, por lo que no se hacía referencia a su etiología, lo cual hubiera sido de mucho valor conocer.

No se incluyeron otras infecciones gastrointestinales por las imposibilidades técnicas, ya que en muchas instituciones de salud en Panamá no se realizan estudios de laboratorio para el diagnóstico de las mismas o no son informadas. Dentro de estas se encuentren la Salmonelosis, Shigelosis y otras.

Aunque es de suma importancia el estudio de las enfermedades dermatológicas relacionadas con la carencia de agua potable y/o falta de tratamiento de aguas residuales, su inclusión en este estudio resultó imposible debido a que las mismas no son notificadas en el Informe Epidemiológico de casos confirmados de Enfermedades Transmisibles, escapando así de nuestro alcance. La manipulación o contacto con aguas contaminadas ya sea de tipo incidental o por contacto primario es causa de alta incidencia en la población de las siguientes enfermedades: Piodermitis, Impétigo, Furunculosis (bacterianas), Tineas (Dermatofitos), Miasis (parásitos cutáneos), y otras.

Con el fin de determinar los impactos a la salud humana producidos por la falta de saneamiento ambiental, se analizan para los años 1995, 1996, 1997 y 1998 las tasas de incidencia de las enfermedades antes indicadas en cada uno de los corregimientos del área de estudio. Los corregimientos de Mateo Iturralde y Victoriano Lorenzo no se incluyen en los cuadros y gráficas por carecer de datos estadísticos por parte de la región de salud del área, ya que éstos no tienen Centros de Salud. para su atención. Los resultados de nuestra investigación se reflejan en los cuadros y gráficas que presentamos a continuación; en las cuales se incluye para cada enfermedad la incidencia en tasas por 10,000 habitantes por corregimiento en cada año.

Para establecer una correlación entre la tasa de incidencia de las enfermedades de transmisión hidroalimentaria y el nivel de saneamiento, indicado por la provisión de agua potable y servicio sanitario, se presenta un análisis comparativo de los seis corregimientos con más bajos niveles de saneamiento ambiental básico con corregimientos que tienen niveles más aceptables de saneamiento como son Calidonia y Bella vista. Estos dos corregimientos presentan datos estadísticos conjuntos por ser atendidos por un solo Centro de Salud.

Análisis de las tasas de incidencia de las enfermedades de transmisión hidroalimentaria en el área de estudio

- ENFERMEDAD DIARREICA AGUDA (EDA)

En el Cuadro Nº 3.32 y las Gráficas 3.4 y 3.7 se presentan las tasas de incidencia de las enfermedades diarreicas aguas para los corregimientos del distrito de Panamá y San Miguelito que se encuentran en el área de estudio.

Cuadro N° 3.32 - Tasas de incidencia de las enfermedades diarreicas agudas

Corregimiento	Año (Tasas X 10000 habitantes)			
	1995	1996	1997	1998
Distrito de Panamá				
Ancón	95.6	94.3	111.2	118.3
Calidonia y Bella Vista	33	33.9	44	53.2
Betania y Pueblo Nuevo	54.5	53.6	65.5	66.7
Curundú	140	126.4	149.6	164.5
Chorrillo	97.7	137.4	145.2	109
Juan Díaz	45	41.7	46.6	52
Parque Lefevre	69.2	79.1	77.5	78.5
Río Abajo	108.2	111.7	97	100
Santa Ana	120.8	149.6	123.7	147.8
San Francisco	84.1	78.7	84.2	97.6
San Felipe	137.2	139.2	93.5	62.1
Tocumen	193.4	189.6	176	158.2
Veracruz	388.9	551.4	630.2	525.4
Pedregal	55.7	53.7	36.5	68.2
Distrito de San Miguelito				
Amelia Denis de Icaza	137	180.3	171.2	226.2
Belisario Porras	112.6	129.2	151.8	213.3
José Domingo Espinar	42.1	35.3	35	48.5

Gráfica 3.4 - Tasas de Enfermedad Diarreica Aguda para el año 1995

Gráfica 3.5 - Tasas de Enfermedad Diarreica Aguda para el año 1996

Gráfica 3.6 - Tasas de Enfermedad Diarreica Aguda para el año 1997

Gráfica 3.7 - Tasas de Enfermedad Diarreica Aguda para el año 1998

El orden en cuanto a más altas incidencias en tasas x 10,000 habitantes. de enfermedad diarreica aguda se mantiene durante los 4 años estudiados, encontrándose entre las más altas incidencias los siguientes corregimientos:

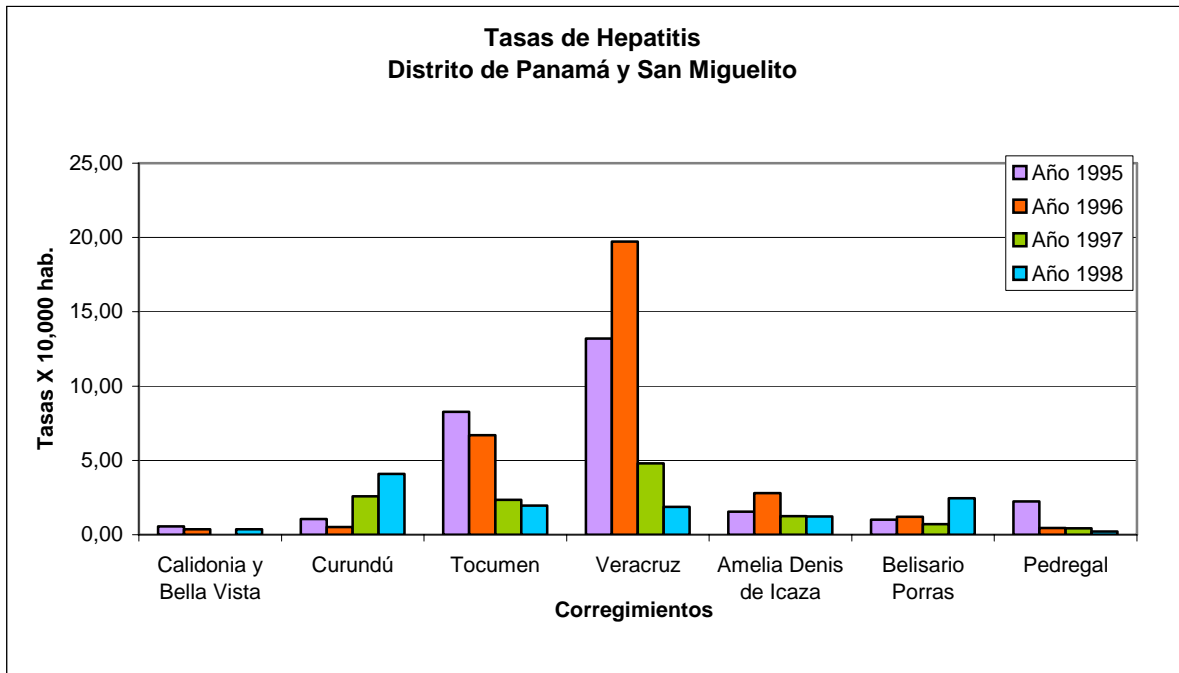
- 1 Veracruz: con rangos muy superiores: 400- 600 casos x 10,000 habitantes (4-6 %)
- 2 Tocuemen: 150- 200 casos x 10,000 habitantes(1.5- 2.0 %).
- 3 Amelia Denis de Icaza (ADI): 137-230 casos x 10,000 habitantes
- 4 Curundú: 126- 164 casos x 10,000 habitantes
- 5 Belisario Porras: 112- 213 casos x 10,000 habitantes
- 6 Santa Ana: 120-150 casos x 10,000 habitantes
- 7 Chorrillo: 97- 145 casos x 10,000 habitantes
- 8 San Felipe: 62- 139 casos x 10,000 habitantes
- 9 Río Abajo: 97- 111 casos x 10,000 habitantes
- 10 Ancón: 94- 118 casos x 10,000 habitantes

Como podemos evidenciar en la Gráfica 3.8, el corregimiento de Veracruz, presenta las tasas x 10,000 habitantes más altas en todos los años estudiados con un aumento progresivo de incidencia cada año. Tocuemen: muestra mejoría leve en el transcurso del período investigado.

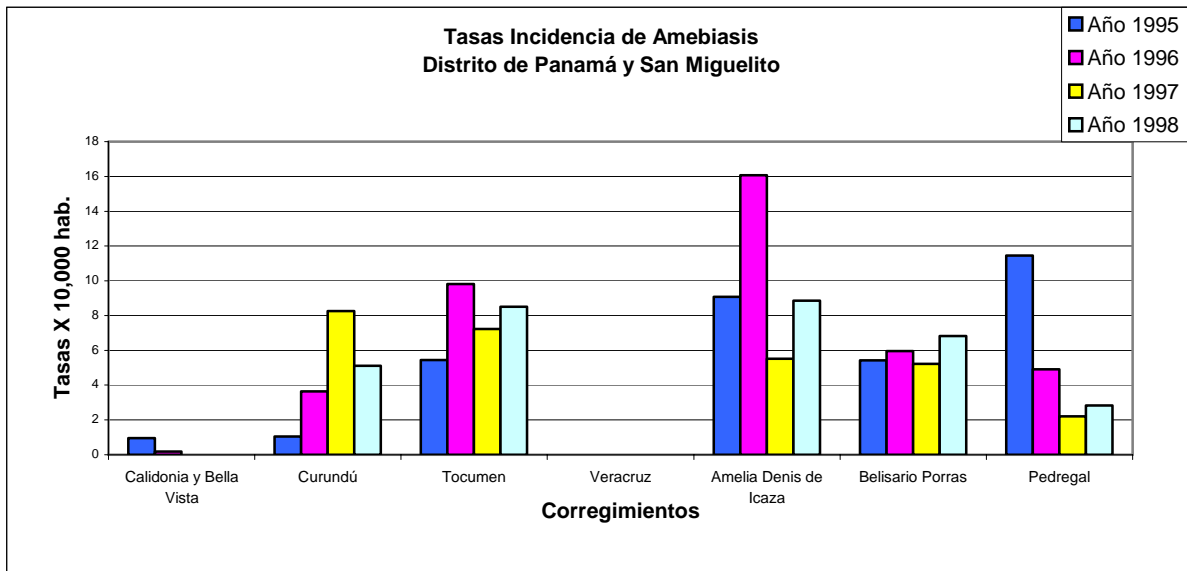
Por otro lado, Amelia Denis de Icaza presenta un aumento importante en su incidencia cada año. Belisario Porras también describe un aumento importante en su incidencia cada año, mientras que para Curundú el aumento es progresivo pero más pausado o menos marcado. Por último, Pedregal: se mantiene en tasas relativamente bajas (55.7, 53.7, 36.5, 68.2), levemente superiores a Calidonia y Bella vista.

Es importante destacar que los corregimientos de San Miguelito presentaron un aumento considerable en la incidencia para 1998, situándose Amelia Denis de Icaza en segundo lugar y Belisario Porras en tercer lugar, siendo superados sólo por Veracruz. Lo mismo es cierto para Curundú. Este dato es de gran interés, ya que la enfermedad diarreica aguda representa el indicador primario principal para valorar la calidad de saneamiento básico. Podemos decir entonces en base al aumento progresivo de incidencia de EDA en estos corregimientos, que Veracruz, ADI, Belisario Porras y Curundú muestran una tendencia hacia agravar aún más su calidad de saneamiento.

La gráfica 3.8 muestra una comparación entre corregimientos que no presentan problemas de dotación de agua potable y servicio sanitario, como lo son Calidonia y Bella Vista, con corregimientos del área de estudio que tienen un porcentaje significativo en cuanto a la falta de agua potable y servicio sanitario, como lo son Curundú, Tocuemen, Veracruz, Pedregal, Amelia Denis de Icaza y Belisario Porras.



Gráfica 3.8 - Tasas comparativas de hepatitis de 8 corregimientos del área de estudio



Gráfica 3.9 - Tasas comparativas de amebiasis de 8 corregimientos del área de estudio

En este caso también es notable la diferencia de Veracruz con incidencias muy superiores (del orden de 13.2 – 19.7 casos x 10,000 habitantes para 1995 y 1996), y Tocuemen (8.3 – 6.7 x 10,000 habitantes para 1995 y 1996). No obstante, como afirmamos anteriormente, estos corregimientos muestran una mejoría marcada para los años de 1997 y 1998, alcanzando Veracruz 4.8- 1.9 x 10,000 habitantes y Tocuemen 2.4- 2.0 x 10,000 habitantes.

El corregimiento de Curundú muestra un aumento en la incidencia al igual que Belisario Porras, describiendo el patrón señalado para EDA. Por otro lado, el corregimiento Amelia Denis de Icaza se mantiene con una incidencia constante de 1.2 a 1.5 x 10,000 hab. con aumento leve en 1996 a 2.8 x 10,000 habitantes. Pedregal que inicia con incidencia de 2.25 x 10,000 habitantes en 1995, baja su incidencia a 0.4- 0.2 x 10,000 habitantes en años subsiguientes. Como era de esperarse, Calidonia y Bella vista presentan incidencias bajas de 0.5- 0.0 x 10,000 habitantes con tasas marcadamente inferiores a las de Veracruz y Tocuemen.

- AMEBIASIS

Las tasas de incidencia de la amebiasis para los corregimientos del área de estudio se incluyen en el Cuadro N° 3.33 y en las Gráficas 3.10 a 3.13.

Cuadro N° 3.33 - Tasas de incidencia de amebiasis

Corregimiento	Año (Tasas X 10,000 Habitantes)			
	1995	1996	1997	1998
Distrito de Panamá				
Ancón	0	0	0.7	13.67
Calidonia y Bella Vista	0.95	0.19	0	0
Betania y Pueblo Nuevo	0	0	0	0
Curundú	1.05	3.64	8.25	5.11
Chorrillo	0	0.46	0	0.45
Juan Díaz	5.63	2.14	1.65	3.58
Parque Lefevre	1.19	0	0.23	1.37
Río Abajo	0.28	0.56	0	0
Santa Ana	2.05	6.08	0.67	2.97
San Francisco	5.71	3.76	0	0
San Felipe	0	0.91	0	0
Tocumen	5.45	9.81	7.22	8.51
Veracruz	0	0	0	0
Pedregal	11.46	4.9	2.21	2.84
Distrito de San Miguelito				
Amelia Denis de Icaza	9.08	16.07	5.51	8.87
Belisario Porras	5.43	5.96	5.22	6.82
José Domingo Espinar	0.86	0.12	0.11	1.08

Altas tasas de Amebiasis se observaron en los siguientes corregimientos, en el orden respectivo de mayor a menor; Amelia Denis de Icaza, Tocumen, Belisario Porras, Juan Díaz, Curundú, Pedregal, Santa Ana, Ancón y San Francisco.

Gráfica 3.10 - Tasas de Amebiasis para el año 1995

Gráfica 3.11 - Tasas de Amebiasis para el año 1996

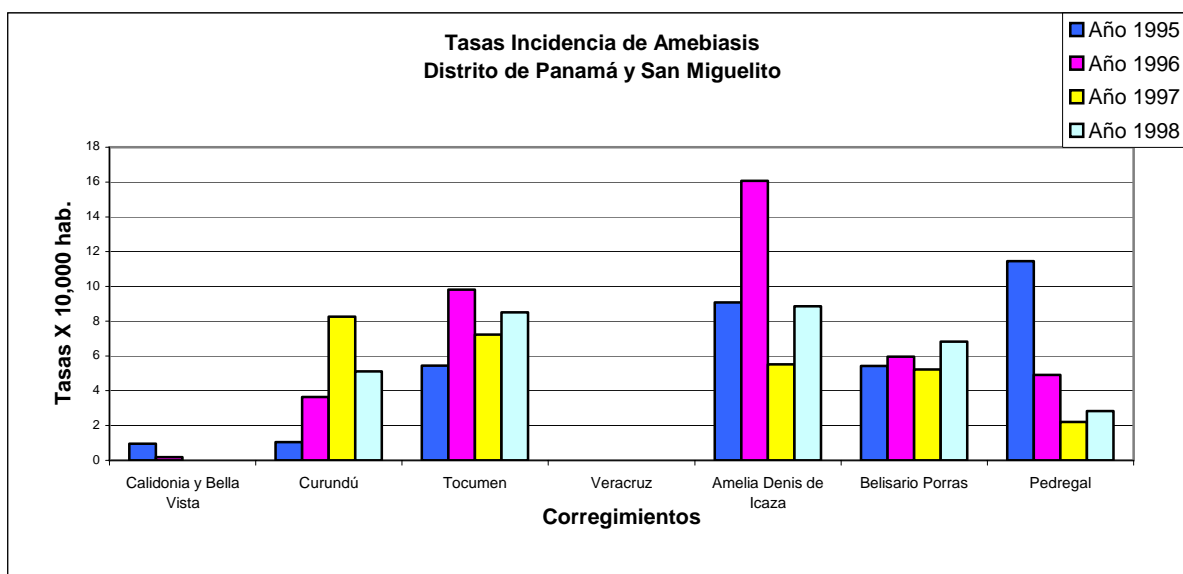
Gráfica 3.12 - Tasas de Amebiasis para el año 1997

Gráfica 3.13 - Tasas de Amebiasis para el año 1998

De las gráficas anteriores se puede observar que existen corregimientos que experimentan una disminución de sus índices de amebiasis, entre los cuales se encuentra Pedregal, en primer lugar, el cual presentó en 1995 la más alta tasa, descendiendo luego al quinto lugar en 1996-1997, para situarse en octavo lugar en 1998. Por otro lado, el corregimiento de San Francisco también experimenta una disminución en sus tasas de amebiasis, ya que se encontraba en el tercero y sexto lugar en 1995 y 1996, respectivamente, presentando una tasa de incidencia de cero en 1997 y 1998. Finalmente, el corregimiento de Juan Díaz presenta una leve mejoría o disminución de la tasa de incidencia de amebiasis en el período estudiado.

Contrariamente a lo que sucede con los corregimientos antes citados, otros desmejoran sus condiciones en lo que a amebiasis se refiere, ya que presentan tasas de incidencia mayores con el paso de los años. Entre éstos se encuentran: Tocumen, Belisario Porras, Curundú, Santa Ana y Ancón. El corregimiento de Tocumen, con altas tasas de incidencia, experimenta un aumento moderado, mientras que para Belisario Porras y Santa, el aumento en las tasas de incidencia de amebiasis es leve. Curundú, en cambio, presenta un marcado aumento, pasando del noveno lugar en 1995 al primer lugar en 1997 y quinto lugar en 1998.

Hay que recordar que en este corregimiento se encuentran comunidades de interés social que viven en las riveras del río Curundú aguas abajo de la Locería, donde el mismo tiene un alto grado de contaminación. En el caso del corregimiento Amelia Denis de Icaza, los índices de amebiasis se mantiene altos con pocas fluctuaciones para el período. La Gráfica 3.14 presenta las tasas comparativas para los ocho corregimientos seleccionados.



Gráfica 3.14 - Tasas comparativas de amebiasis de 8 corregimientos del área de estudio

Sobresale el corregimiento Amelia Denis de Icaza en cuanto a más altas incidencias de Amebiasis global durante los 4 años de estudio. En segundo lugar se mantiene Tocumen y Belisario Porras en tercer lugar, con aumento progresivo de la incidencia cada año.

Cabe resaltar que Pedregal, que en 1995 se encontraba en primer lugar con tasas de 11.46 x 10,000 habitantes, descendió notablemente su incidencia en años subsiguientes y Curundú, que en general se encontraba en cuarto lugar, para 1997 llegó a situarse en primer lugar, con incidencia de 8.25 x 10,000 habitantes. Por otro lado, Veracruz aparece con incidencias nulas. Esto puede deberse muy probablemente a que no se realicen estudios de amebiasis en este corregimiento. Por último, Calidonia y Bella Vista como patrón comparativo se mantuvieron con índices muy bajos de 0.95 en 1995, 0.19 en 1996 y 0 x10,000 habitantes. en 1997-1998.

- GIARDIASIS

El Cuadro N° 3.34 y las Gráficas 3.15 a 3.18 muestran la situación en cuanto a la giardiasis en los corregimientos del área de estudio.

Cuadro N° 3.34 - Tasas de incidencia de Giardiasis

Corregimiento	Año (Tasas X 10,000 Habitantes)			
	1995	1996	1997	1998
Ancón	1.47	0	0	15.04
Calidonia y Bella Vista	0	0	0	0.18
Betania y Pueblo Nuevo	0.14	0.13	0	0.13
Curundú	5.77	6.76	6.19	5.11
Chorrillo	3.27	2.31	0	0.45
Juan Díaz	4.48	4.72	3.63	3.15
Parque Lefevre	1.91	0.47	0	0.23
Río Abajo	0	0	0	1.09
Santa Ana	11.94	27.69	8.02	9.9
San Francisco	10.61	2.68	0	0.26
San Felipe	0	0.91	0	3.55
Tocumen	17.39	19.44	18.64	10.63
Veracruz	2.03	0	0	0.93
Pedregal	39.78	52.36	72.89	60.1
Distrito de San Miguelito				
Amelia Denis de Icaza				
Belisario Porras				
José Domingo Espinar				

En cuanto a más altas tasa de giardiasis tenemos: el corregimiento de Pedregal presentó tasas de incidencia muy altas durante los 4 años, de 40 a 72 x 10,000 habitantes, manteniéndose en primer lugar. Tocumen se encuentra en segundo lugar, con incidencias bastante elevadas también (17.4, 19.4, 18.6, 10.6 x 10,000 habitantes para 1995-1998), mejorando moderadamente hacia 1998. Por otro lado, Santa Ana se mantiene entre el segundo a cuarto lugar en cuanto a más altas incidencias; pero con poca variación global durante los 4 años (11.9, 27.7, 8.0, 9.9 para 1995 – 1998 respectivamente), a excepción de un aumento drástico para 1996. Curundú presenta tasas más constantes, de 5.1 a 6.7 x 10,000 habitantes. Por último, Juan Díaz: ocupa el sexto, quinto, quinto y séptimo lugar en incidencia de Giardiasis para 1995 – 1998, con mejoría leve en 1997 –1998.

Cabe resaltar los registros de Ancón que inició con incidencia de 1.5 x10,000 hab.para 1995 (décimo lugar) y luego con tasas de 0 x 10,000 habitantes en 1996 – 1997, en 1998 registró un aumento marcado de incidencia de Giardiasis con tasas de 15 x 10,000 habitantes, situándose en el segundo lugar superado sólo por Pedregal. San Francisco, por su parte, que inició en 1995 con tasas de 10.6 x 10,000 habitantes situándose en cuarto lugar, luego presentó un descenso en sus tasas a 2.7, 0, y 0.26 x 10,000 habitantes. Los corregimientos de San Miguelito muestran registros nulos, lo cual puede indicar que no se realizan exámenes de laboratorio para Giardiasis o que no incluyen registros sobre esta enfermedad en su Informe Epidemiológico.

Las tasas comparativas de incidencia de Giardiasis para los 8 corregimientos seleccionados se muestran en la Gráfica 3.19. En esta gráfica podemos destacar las altas incidencias de Giardiasis que presenta Pedregal, manteniéndose muy por encima de Tocumen que representa el segundo lugar. A la vez vemos que las tasas de incidencia de Pedregal muestran un aumento marcado de 39.8 – 52.4 – 72.9 – 60.1 x 10,000 habitantes en años sucesivos. Tocumen muestra también una gran diferencia (17.4, 19.4, 18.6, 10.6) en relación con Curundú que marca el tercer lugar con tasas de 5.8, 6.8, 6.2, 5.1 x 10,000 habitantes. Por otro lado, Veracruz registró comparativamente bajas incidencias de 2, 0, 0, 0.9 x 10,000 habitantes.

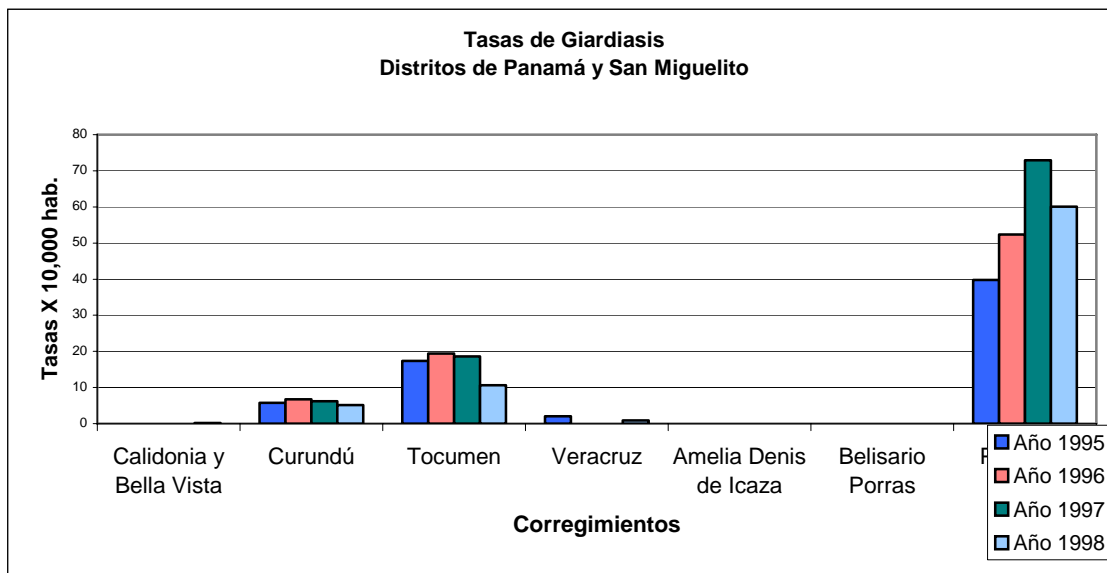
Los corregimientos de Amelia Denis de Icaza y Belisario Porras mostraron registros nulos, lo cual puede indicar que la entidad encargada de salud no registra los casos de esta enfermedad en su Informe Epidemiológico o que no realizan estudios de laboratorio para Giardiasis. Por último, nuevamente Calidonia y Bella vista mostraron incidencias de 0, 0, 0, 0.18 x 10,000 habitantes para los años de 1995 –1998 lo que indica una alta correlación entre los niveles de saneamiento ambiental y la tasa de incidencia de enfermedades de transmisión hidroalimentaria.

Gráfica 3.15 - Tasas de incidencia de Giardiasis para 1995

Gráfica 3.16 - Tasas de incidencia de Giardiasis para 1996

Gráfica 3.17 - Tasas de incidencia de Giardiasis para 1997

Gráfica 3.18 - Tasas de incidencia de Giardiasis para 1998



Gráfica 3.19 - Tasas comparativas de Giardiasis de 8 corregimientos del área de estudio

- INTOXICACION ALIMENTARIA

Por último presentamos la situación salud de la población del área de estudio en cuanto a la tasa de incidencia de la intoxicación alimentaria. Los datos recopilados para los corregimientos se presentan en el Cuadro N° 3.35 y en las Gráficas 3.20 a 2.24.

Cuadro N° 3.35 - Tasas de incidencia de intoxicación alimentaria

Corregimientos	1995	1996	1997	1998
Ancón	0	0.72	0	0
Calidonia y Bella Vista	0.19	0	0	0
Betania y Pueblo Nuevo	0	0	0	0.78
Curundú	0	0	0	0
Chorrillo	7.01	4.16	2.29	3.17
Juan Díaz	0.46	0.23	0.11	0
Parque Lefevre	0.48	0.47	0.23	0.46
Río Abajo	0	0.28	0.28	0
Santa Ana	0.68	1.01	0	0
San Francisco	0	1.07	0.26	0.78
San Felipe	0	0	0	0
Tocumen	0	0.17	0.34	0.33
Veracruz	0	0	0	0
Pedregal	0	0	0	0
Distrito de San Miguelito				
Amelia Denis de Icaza	2.34	1.53	1.5	1.23
Belisario Porras	0.87	0.43	0.83	0.89
José Domingo Espinar	0.62	0.12	0	0.43

Gráfica 3.20 - Tasas de incidencia de Intoxicación alimentaria para 1995

Gráfica 3.21 - Tasas de incidencia de Intoxicación alimentaria para 1996

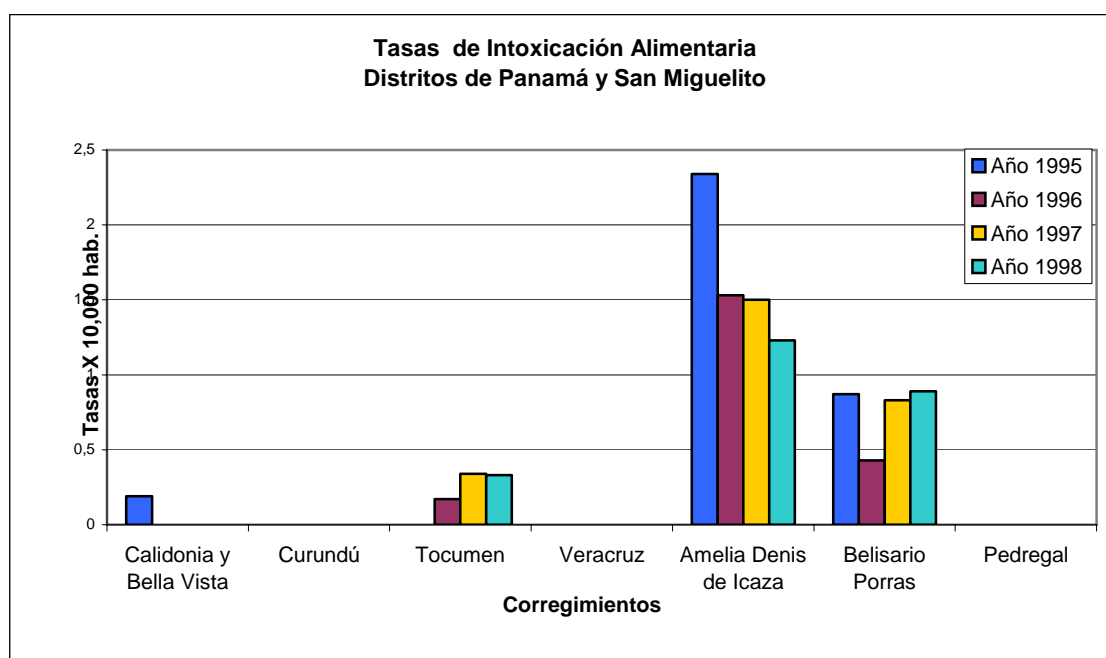
Gráfica 3.22 - Tasas de incidencia de Intoxicación alimentaria para 1997

Gráfica 3.23 - Tasas de incidencia de Intoxicación alimentaria para 1998

En cuanto a los casos de intoxicación alimentaria, sobresale Chorrillo durante todo el período estudiado, con tasas muy superiores de incidencia del orden de 7.0, 4.2, 2.3, 3.2 x 10,000 habitantes. Le siguen Amelia Denis de Icaza, con tasas de 2.3, 1.5, 1.5, 1.2, Belisario Porras: con incidencias de 0.9, 0.4, 0.8 y 0.9, San Francisco, que inició con incidencia de 0.0, luego muestra un incremento a 1.1, 0.3, 0.8 durante los años 1996, 1997 y 1998, respectivamente.

Parque Lefevre tiene tasas bajas pero sostenidas de 0.5, 0.5, 0.2, 0.5, mientras que el resto de los corregimientos muestran tasas bajas y fluctuantes, por ejemplo, Santa Ana con tasas de 0.68, 1.01, 0, 0 y Tocumen con tasas de 0, 0.17, 0.34, 0.33 x 10,000 habitantes.

Queremos anotar que es probable que la realidad en cuanto a la incidencia de Intoxicación alimentaria sea distinta, ya que puede haber un alto índice de subregistro adicional, debido a que no es diagnosticada como tal sino que puede aparecer como casos de Gastroenteritis o Diarreas simplemente. Otro de los factores que pueden ser responsables de tal situación es el hecho de que los casos de intoxicación alimentaria no son incluidos en el Informe Epidemiológico.



Gráfica 3.24 - Tasas comparativas de intoxicación alimentaria de 7 corregimientos del área de estudio

De los corregimientos seleccionados con bajos niveles de saneamiento ambiental, tres registran tasas de 0x 10,000 habitantes de Intoxicación alimentaria (Curundú, Veracruz, Pedregal), lo cual nos parece que no está de acuerdo con la realidad, si vemos que son corregimientos de los más afectados por otras enfermedades antes estudiadas. Los resultados parecen más indicar que esta enfermedad no se diagnostica como tal en esos corregimientos.

Aparecen con tasas importantes para Amelia Denis de Icaza, que en 1995 tiene 2.3 x 10,000 habitantes y mejora progresivamente en los años subsiguientes. Belisario Porras

experimenta tasas más bajas de 0.8 a 0.9 x 10,000 habitantes, con una disminución para 1996. Por otro lado, Tocumen que inicia con 0 x 10,000hab. para 1995, se mantiene en tasas bajas de alrededor de 0.12 a 0.3 x 10,000 habitantes en los años subsiguientes. Calidonia y Bella vista, como patrón comparativo, sólo en 1995 muestra tasas de 0.19 x 10,000 habitantes y, en los años subsiguientes, no registra casos de Intoxicación alimentaria.

Aspectos Epidemiológicos

El nivel de saneamiento ambiental está dado por la convergencia de múltiples variables, entre las que se encuentra el nivel de saneamiento del agua, las condiciones de la vivienda, disposición de desechos sólidos y líquidos, nivel de hacinamiento y grado de contaminación del aire, entre otros.

Para el estudio del nivel de saneamiento del agua y su incidencia en la salud de la comunidad es de especial importancia el estudio de las enfermedades de transmisión vía hidroalimentaria y las enfermedades infecciosas dermatológicas.

En el estudio realizado se incluyen solamente las enfermedades gastrointestinales (enfermedad diarreica, amebiasis, giardiasis, hepatitis e intoxicación alimentaria) y no así las enfermedades infecciosas de la piel relacionadas con la carencia o escasez de agua potable o por el contacto directo de las personas con cuerpos de agua contaminados debido a la imposibilidad técnica, ya que en la mayoría de las instituciones de salud no existe registro epidemiológico de las mismas. Esto se debe probablemente a que no son consideradas enfermedades transmisibles de notificación obligatoria, tanto es así que no aparecen en el Informe Epidemiológico del Ministerio de Salud (Boletín Epidemiológico) editado cada cuatro semanas. No significa lo anterior que tales enfermedades no se presenten o no sean diagnosticadas; por el contrario, presentan una alta incidencia, la cual creemos que aumenta en las comunidades con bajo nivel de saneamiento.

El estudio estadístico de tales enfermedades, sin embargo, es impráctico y casi imposible de manera retrospectiva, ya que habría que acudir a la única fuente actual que la constituyen las hojas de diagnóstico diario de cada médico tratante, por lo que habría que invertir una importante mano de obra y cuantiosas horas laborales para recoger dicha información.

Destacamos que sería muy útil tal información para establecer las condiciones de salud previas a la implementación de un Programa de Saneamiento y control de contaminación de los cuerpos de agua, tal como el que se propone en este estudio. Esto tendría un valor incalculable para poder comparar en el futuro las condiciones o patrón de presentación de dichas enfermedades, una vez que se implemente dicho programa de saneamiento y poder valorar así sus repercusiones positivas para la salud humana.

3.2.6.3 Enfermedades Dermatológicas Infecciosas

Entre las enfermedades dermatológicas infecciosas de mayor importancia para este estudio están las que se producen al entrar en contacto con aguas contaminadas o por la falta de hábitos higiénicos personales o inadecuada limpieza de la ropa. Son de etiología diversa como veremos a continuación.

Enfermedades causadas por Chlamydias:

- Tracoma:

Es una queratoconjuntivitis granulosa cicatrizal crónica de larga duración que deja como secuela la reducción de la visión, entropión y obstrucción lacrimal. Su agente causante es la *Chlamydia trachomatis*.

Es endémica en zonas pobres del Mediterráneo, Oriente y en Estados Unidos y se transmite por contacto directo o contacto con artículos contaminados, tales como toalla o pañuelos.

Enfermedades causadas por Rickettsias

- Tifus Exantemático Epidémico transmitido por piojos.

El ser humano es el único reservorio de la *Rickettsia prowazekii*. El piojo de la cabeza o del cuerpo se infecta al chupar sangre de personas enfermas. La rickettsia se multiplica en el tubo digestivo y es expulsada por los excrementos del piojo, penetrando a otra persona por erosiones, conjuntiva o vías respiratorias superiores. Probablemente una importante vía de infección es la inhalación del excremento desecado de piojos de la ropa personal, de cama y de otros objetos en contacto con pacientes infectados.

Se manifiesta por cefalea intensa, debilidad general, fiebre elevada con escalofríos y una erupción macular eritematosa que puede volverse purpúrica con petequias. Se pueden presentar las siguientes complicaciones: neumonía, afección del sistema nervioso central (SNC) e insuficiencia renal que pueden ser mortales.

- Tifus murino o Endémico:

Es una enfermedad de las ratas causada por la *Rickettsia mooseri* y transmitida por piojos o pulgas.

Se transmite al ser humano a través de picadura, inhalación o ingestión de excrementos desecados de estos animales. Es muy similar al tifus exantemático epidémico pero más leve.

Enfermedades causadas por bacterias

- Fiebre recurrente

Infección aguda provocada por diversas especies de espiroquetas (*Borrelia*) que se transmiten por piojos y garrapatas, caracterizada por paroxismos recurrentes de fiebre, escalofríos, cefalea intensa, vómitos, dolores musculares y articulares, delirio, máculas eritomasas o exantema purpúrico, hemorragias subcutáneas. Puede haber ictericia, hepato-esplenomegalia, miocarditis e insuficiencia cardíaca.

Reservorio: los roedores de los cuales se infecta la garrapata al alimentarse. El piojo se infecta al alimentarse de un paciente febril, liberando la espiroqueta que penetra la piel por erosiones o picaduras.

- Buba o Pian:

Es una enfermedad infecciosa endémica en Africa, Asia y Haití, causada por *Treponema pertenue* y se da en áreas tropicales donde la humedad y la temperatura elevada favorecen su desarrollo.

Empieza en la infancia con lesiones cutáneas similares a la frambuesa y un curso incapacitante similar a la sífilis benigna, sin afectar el Sistema Nervioso Central ni cardiovascular. También desarrolla lesiones granulomatosas, condilomatosas, verrugosas y afecta además al sistema óseo. Afecta mayormente cara y extremidades.

Se puede contraer por contacto directo y una puerta de entrada es la piel (úlceras o abrasiones). La suciedad y el hacinamiento predisponen a esa enfermedad, que se produce sobre todo en los niños.

- Piodermitis:

Infecciones de la piel causadas por *Estafilococo* y/o *Estreptococo*, ocurriendo en piel sana o afectada por picaduras, heridas, eccemas o infestación parasitaria previa. Pueden afectar la piel o los anexos de la misma.

Infecciones bacterianas de este tipo son: forúnculos, Antrax, Hidrosadenitis, Impétigo, Erisipela, Linfangitis, Celulitis.

Se observan en diferentes edades y se pueden transmitir por contacto directo con las secreciones o artículos infectados. Su incidencia aumenta en condiciones de pobre higiene.

- Tularemia:

Causada por *Francisella tularensis* (bacilo aeróbico pleomórfico) que penetra el cuerpo por ingestión, inoculación o contaminación, puede atravesar la piel íntegra. Puede transmitirse también por contacto con garrapatas u otros artrópodos infectados o por consumo de carne infectada cruda o agua contaminada. Su reservorio son los conejos y roedores. Se ven más afectados los cazadores ,carniceros, campesinos y comerciantes de pieles.

- Leptospirosis o enfermedad de Weil

Es una zoonosis que se presenta en varios animales domésticos y salvajes causada por el género *Leptospira*.

Puede variar en su presentación desde un Cuadro N° asintomático hasta una afección mortal. Es una enfermedad difásica, presentándose con cefaleas, dolores musculares intensos, fiebre y escalofríos. La segunda fase es la inmune con el desarrollo de anticuerpos en suero y pueden reincidir los síntomas. Puede presentar además meningismo con neuritis óptica, neuritis periférica, meningitis aséptica, iridociclitis, fotofobia.

El síndrome de Weil es una leptospirosis grave con ictericia, hiperazoemia, proteinuria, hematuria, hemorragias de la piel, viscerales y del sistema nervioso central, anemia, trombocitopenia, disfunción hepatocelular y renal, trastornos del conocimiento, fiebre continua y exantema máculo papular inespecífico.

Las infecciones humanas se producen por contacto directo con orina, excretas o tejidos de un animal infectado, agua o tierra contaminada, entrando por la piel erosionada, boca, nariz o conjuntivas.

Afecta más a granjeros, trabajadores de cloacas y mataderos, mineros, veterinarios, pastores y otros por exposición incidental en actividades recreativas. Las fuentes más probables de contagio son los perros, ratas e inmersión en aguas contaminadas (al nadar.)

La orina de los roedores salvajes puede infectar muchas especies de animales salvajes o domésticos o contaminar los suministros de agua.

Los gatos, perros, ganado, cerdos, ciervos, zorras y otros, se infectan con *Leptospira* por el contacto con las excretas de los roedores y pueden enfermar y morir o convertirse en portadores urinarios persistentes por meses.

Enfermedades causadas por hongos

- Las Dermatomicosis:

Son enfermedades infecciosas de la piel causadas por hongos dermatofitos o levaduras. Aunque las onicomicosis (hongos de las uñas) especialmente de los pies se ven en todas las clases sociales y existe cierta predisposición constitucional inmunológica o por algunas enfermedades sistémicas como Diabetes Mellitus, insuficiencia vascular periférica; las tiñas del cuerpo, tiña cruris, tiña captis, tiña de las manos aumentan su incidencia en condiciones precarias de saneamiento e higiene.

En el caso de las candidiasis su incidencia se ve aumentada en embarazadas, D. Mellitus, niños, inmunosupresión como HIV, Antibioticoterapia y corticoides sistémicos.

- Micosis profundas:

Son causadas por una diversidad de especies de hongos, produciendo Cuadro N°s clínicos característicos, dependiendo de su agente causal que van desde afección de la piel y mucosas, sistema linfático, óseo, pulmones, riñones, Sistema Nervioso Central, a veces incapacitantes, otras veces con evolución fatal si no se diagnostican y tratan adecuadamente.

El agente causal por lo general se adquiere en forma casual del medio ambiente, suelo, animales o sus excrementos; en climas tropicales y subtropicales. Penetra al organismo por una puerta de entrada, ya sea la piel lesionada o vía respiratoria por inhalación dependiendo del tipo de hongo.

Enfermedades causadas por parásitos

- Sarna:

Es causada por un ectoparásito, el ácaro *Sarcoptes scabiei*, cuya infección se limita a la piel, muy pruriginosa y contagiosa. A pesar de que no respeta clases sociales, su incidencia se ve favorecida por la promiscuidad y el hacinamiento.

- Miasis:

Producida por el desarrollo en la piel de larvas de las moscas del género *Dermatobia*. Puede ingresar a través de la piel intacta o ya agredida por úlceras o heridas. Puede afectar la piel, los tejidos blandos subcutáneos y periostio y complicarse con infecciones bacterianas secundarias. Se produce más en niños, ancianos, inválidos, mendigos; en pobres condiciones higiénicas o de saneamiento donde abundan las moscas.

- Larva Migrans (Miasis Emigrante):

Es una larva de un *Anquilostoma* del gato o perro que penetra la piel humana desnuda a partir de la tierra o la arena, afectando mayormente a niños, jardineros, bañistas y personas que caminan descalzas por las playas.

Ocasiona una dermatitis pruriginosa inespecífica que inicia en pocas horas en el sitio de penetración, por lo general pies y zonas glúteas. Al migrar la larva a través de la piel ocasiona una lesión serpenteante, lineal, sobreelevada. Larvas migratorias pueden afectar las vísceras como el hígado y los pulmones.

La larva del *Strongyloides stercoralis* (parásito humano) provoca una erupción papulovesicular edematosa en la zona perianal, zonas glúteas, muslos y abdomen que se acompaña de urticaria.

- Esquistosomiasis:

Causada por *Schistosoma haematobium* (en Africa y Asia) y *Sch. Mansoni* (Africa, Sur y Centroamérica). Se adquiere mediante cercarias en agua dulce, las cuales penetran la piel intacta y alcanzan la circulación sanguínea alojándose en el sistema porta, vena cava o venas pélvicas y pueden ser transportados vía hemática a otros órganos (pulmones, conjuntivas, sistema nervioso central). Pueden vivir hasta 30 años o más en el huésped humano y eliminan sus huevos a través de la orina o heces humanas. Los huevos pueden ser depositados en los tejidos, donde provocan una reacción granulomatosa tipo tuberculoide. En el sitio de penetración en la piel provocan una erupción papular pruriginosa.

También pueden causar granulomas paragenitales, afectando la zona vaginal, perineo y glúteos, asociado a fístulas y tractos comunicantes extensos.

- Dermatitis por cercarias

Erupción papular pruriginosa causada por la penetración cutánea de cercarias de esquistosomas aviarios o mamíferos presentes en agua dulce o salada. Es frecuente en climas templados y tropicales.

De las enfermedades infecciosas dermatológicas descritas anteriormente, las que tienen mayor importancia actual en Panamá por su incidencia son: Piodermatitis, Dermatocosis, Micosis profundas, Sarna, Miasis y Larva migrans. Aunque el resto de las enfermedades no dejan de tener importancia, ya que con el actual acortamiento de las distancias transcontinentales a través del desarrollo de la aviación y otros medios de transporte, una enfermedad endémica en área muy remotas puede presentarse en un localidad si se dan las condiciones apropiadas para su desarrollo, tales como reservorio, vector, condiciones ambientales y humanas.

Enfermedades Infecciosas Respiratorias

Son generalmente causadas por una gran diversidad de virus, produciendo así diferentes Cuadro N°s desde resfriado común, faringitis, laringitis, bronquitis, laringotraqueobronquitis, asma infecciosa y neumonía viral. Epidemiológicamente en general el resfriado común guarda neta relación con los cambios estacionales. La infección puede facilitarse por fatiga excesiva, trastornos emocionales, trastornos alérgicos nasofaríngeos y el ciclo menstrual.

Las bacterias patógenas que habitan la nasofaringe son causa de complicaciones purulentas como: otitis media, sinusitis, bronquitis y neumonías.

El contagio es de persona a persona a través de gotitas transportadas por el aire. Se afectan mayormente los niños en salas de recién nacidos, escuelas, salas pediátricas, orfanatos, lugares de hacinamiento y son de mayor gravedad en niños, ancianos, inválidos, personas con enfermedades debilitantes, como enfermedad pulmonar obstructiva crónica o enfermedades cardíacas.

Los agentes causales más frecuentes son los virus:

- a) Influenza A, B, C y Parainfluenza, causando desde resfriado común hasta neumonía.
- b) Los Adenovirus producen brotes de enfermedades respiratorias o entéricas (enteritis, adenitis mesentérica).
- c) Los enterovirus en general habitan en forma primaria el conducto gastrointestinal del ser humano. Entre éstos tenemos:

- Poliovirus: Poliomieltis

Coxsackie A y B: causan enfermedades neurológicas, Herpangina, afección respiratoria aguda, faringitis, neumonía y enfermedades exantemáticas. Como todos los enterovirus, se han obtenido en la mayoría de los casos de heces humanas o secreciones faríngeas, aguas de cloacas y de moscas. La transmisión por vía fecal –bucal o por vía respiratoria puede influir en las manifestaciones clínicas. Las tasas de infección pueden ser más elevadas en los individuos que viven en malas condiciones de saneamiento.

- Virus ECHO

Causan infecciones neonatales con síntomas respiratorios, diarreas, meningitis, exantema, neumonías, crup no diftérico, faringitis y miocarditis. Se han recuperado virus de la orofaringe, heces y orina.

Los enterovirus tienen máxima preferencia por climas calurosos en todo el año. La inmunidad es específica de tipo y muy duradera.

En las enfermedades respiratorias de tipo viral en general no se hace el diagnóstico del agente causante debido a la gran incidencia de las mismas. Si bien estas enfermedades pueden transmitirse a través de las manos y utensilios contaminados, tienen más importancia en el contexto de las enfermedades transmitidas vía aérea, ya que se transmiten mayormente a través de gotitas de saliva o secreciones que viajan a través del aire al hablar, toser o estornudar. Siendo su principal vía de transmisión la aérea,

tienen menor relación con el nivel de saneamiento del agua ,relacionándose más con las condiciones de hacinamiento, cambios climatológicos o estacionales.

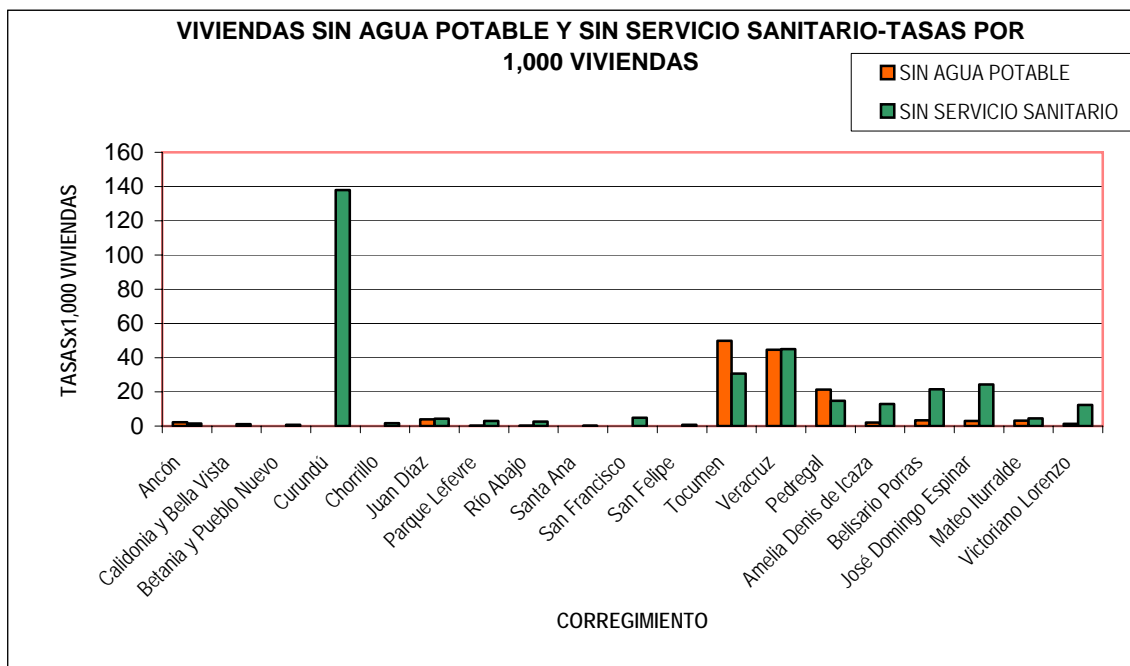
3.2.6.4 Saneamiento ambiental básico

Para determinar la correlación entre la tasa de incidencia de las enfermedades de transmisión hidroalimentaria y el nivel de saneamiento ambiental, utilizando como indicadores los registros del último censo de Población y Vivienda, de las viviendas sin agua potable y sin servicio sanitario, se muestran a continuación el Cuadro N° 3.36 y la Gráfica 3.25.

Cuadro N° 3.36 - Viviendas sin agua potable y sin servicio sanitario

Corregimientos	Sin Agua Potable	Sin Servicio Sanitario
Distrito de Panamá		
Ancón	2.28	1.52
Calidonia y Bella Vista	0	1.04
Betania y Pueblo Nuevo	0	0.84
Curundú	0	137.94
Chorrillo	0	1.73
Juan Díaz	3.88	4.3
Parque Lefevre	0.1	2.91
Río Abajo	0.12	2.65
Santa Ana	0	0.26
San Francisco	0	4.9
San Felipe	0	0.69
Tocumen	49.94	30.6
Veracruz	44.59	45.13
Pedregal	21.28	14.73
Distrito de San Miguelito		
Amelia Denis de Icaza	1.97	12.95
Belisario Porras	3.4	21.47
José Domingo Espinar	3.08	24.29
Mateo Iturralde	3.09	4.46
Victoriano Lorenzo	1.37	12.35

Fuente: Contraloría General de la República



Gráfica 3.25 - Viviendas sin agua potable y sin servicio sanitario

Los corregimientos que muestran más deficientes niveles de saneamiento ambiental son:

- Curundú que tiene tasa de 137.9 x 1,000 viviendas sin servicio sanitario; aunque aparentemente no existen viviendas sin agua potable.
- Veracruz, con 44.6 x 1,000 viviendas sin agua potable y 45.1 x 1,000 viviendas sin servicio sanitario.
- Tocumen, con 49.9 x 1,000 viviendas sin agua potable y 30.6 x 1,000 viviendas sin servicio sanitario.
- Pedregal, con 21.3 x 1,000 viviendas sin agua potable y 14.7 x 1,000 viviendas sin servicio sanitario.
- José Domingo Espinar con 3.1 x 1,000 viviendas sin agua potable y 24.3 x 1,000 viviendas sin servicio sanitario.
- Belisario Porras, con 3.4 x 1,000 viviendas sin agua potable y 21.5 x 1,000 viviendas sin servicio sanitario.
- Amelia Denis de Icaza, con 1.97 x 1,000 viviendas sin agua potable y 12.95 x 1,000 viviendas sin servicio sanitario.
- Calidonia y Bella vista como corregimientos modelo no tienen viviendas sin agua potable y tienen solo 1.04 x 1,000 viviendas sin servicio sanitario.

Si observamos nuevamente las gráficas de las enfermedades de transmisión hidro-alimentaria, vemos que estos corregimientos con bajos índices de saneamiento se encuentran entre los 10 corregimientos que presentan más altas incidencias de las enfermedades estudiadas (a excepción de José Domingo Espinar), así:

Cuadro N° 3.37 - Posición relativa de incidencia de enfermedades hidro-alimentarias de los corregimientos de peores condiciones de saneamiento ambiental

Corregimiento	EDA	Hepatitis	Amebiasis	Giardiasis	Intoxicación alimentaria
Curundú	4º	3º	5º	4º	0*
Veracruz	1º	1º	0*	8º	0*
Tocumen	2º	2º	2º	2º	7º
Pedregal	No está entre los diez primeros	10º	6º	1º	0*
Belisario Porras	5º	7º	3º	0	3º
Amelia Denis de Icaza	3º	6º	1º	0	2º

* Incidencia que puede representar error de diagnóstico o que no se registra en el Informe Epidemiológico

Fuente: El Consultor

Evidentemente hay otros factores que también son importantes para propiciar la cadena epidemiológica de las enfermedades de transmisión hidroalimentaria como habíamos señalado antes, y que escapan de nuestro análisis por carecer de parámetros para su estudio, a saber, nivel sociocultural, grado de hacinamiento, nivel de limpieza de la vivienda y calles. Estos factores probablemente expliquen las altas incidencias de estas enfermedades en otros corregimientos como:

- EDA: Santa Ana, Chorrillo y San Felipe
- Hepatitis: Santa Ana, San Felipe
- Amebiasis: Juan Díaz, Santa Ana
- Giardiasis: Santa Ana, Juan Díaz, y San Francisco
- Intoxicación alimentaria: Chorrillo, San Francisco, Parque Lefevre.

3.2.6.5 Recursos arqueológicos

Desde hace 11,000 años atrás, el Istmo de Panamá, ha sido ocupado por grupos humanos en diferentes puntos de su territorio. Se inició así el proceso de movimiento humano que fue ocupando en forma gradual, en pequeñas bandas compuestas por individuos fuertemente emparentados (R. Barrantes 1993 : 19).

El ingreso de grupos amerindios al territorio panameño fue lento y recorrió varios miles de años enfrentándose a una serie de fenómenos naturales y ecológicos. Se supone que los primeros pobladores de este territorio procedían del Norte , Centro y Sudamérica. Con el transcurso del tiempo se adaptaron a diferentes ecosistemas de la región, asentando en las llanuras, sabanas, en las riberas de los ríos, estuarios y lagunas costeras.

En el Istmo de Panamá se ha encontrado evidencias de materiales culturales que fueron elaborados en diferentes épocas por grupos humanos que ocuparon este territorio.

Las excavaciones arqueológicas realizadas en diferentes puntos del país, han demostrado la rica existencia de cerámicas precolombinas. Las áreas incluidas dentro del Plan de Estudio de Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá, están ubicadas en el sector Este de Panamá. Tratándose de las fronteras culturales del Panamá precolombino se ha ubicado desde Chame hasta el Darién, incluyendo las islas de la Bahía, alrededores de lago Madden y el valle interior del Bayano (Cooke 1973:398).

La división cultural prehispánica de Panamá, se ha definido en tres regiones de acuerdo a la distribución geográfica de la cerámica pintada, por los arqueólogos. Sin embargo, el Dr. Cooke ha definido tres áreas culturales contiguas: 1 Región Occidental (Gran Chiriquí), 2: Región Central (Gran Coclé), 3: Región Oriental (Gran Darién) (Cooke 1984). Las dos últimas regiones culturales su frontera está sostenida por medio de una división lingüística que hicieran los españoles de la lengua cueva y luego estudiado por Kathleen Romoli (1987) y por otros lingüistas. En este sector aunque poco se ha trabajado en las investigaciones arqueológicas, sin embargo, con las informaciones obtenidas en ciertas áreas nos es suficiente para aseverar la presencia de restos arqueológicos en cualquier parte del territorio donde se haga un trabajo de esta magnitud.

En el sector pacífico de Panamá, al igual existen sitios de la época colonial, entre ellos las ruinas de Panamá Viejo, el Casco Viejo, Camino de Cruces y Camino Real. Estos dos últimos fueron utilizados para transportar el oro y la plata hacia el Caribe desde Suramérica por los españoles. En el trayecto de Camino de Cruces y Camino Real, se encuentran las ruinas de la Capilla la Palangana, que está dentro del área del Parque Nacional Camino de Cruces. En Panamá existieron importantes centros de manufactura de mayólicas, y uno de ellos en Malambo ubicado en la periferia de Panamá Viejo (Crucent 1979:22).

La propuesta que se plantea la instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales y colectoras sanitarias, en el plan de estudio podrían perturbar los recursos arqueológicos que aun se encuentran sin explorar en las áreas planteadas.

Esta parte de la región ha sido poco explorada por los arqueólogos, debido a que el proceso de urbanización de la ciudad de Panamá y en su contorno fue de manera descontrolada. En sus inicios no había normas que regularan en las obras de grandes construcciones cuando ocurrían hallazgos de yacimientos arqueológicos. Estos quedaban en manos particulares o se perdían de la forma repentina. No fue sino hasta 1982, cuando se establecen formalmente las medidas legales por medio de la Ley No. 14 del 5 de mayo, como por ejemplo, en su artículo 24:

“En caso de que al ejecutarse una excavación en áreas urbanas o rurales ocurriese un hallazgo de objetos que pusiesen en evidencia la existencia de yacimiento arqueológico o de restos monumentales del mismo carácter, la Dirección Nacional del Patrimonio Histórico, solicitará a las autoridades pertinentes la suspensión de las obras que ocasionaron el descubrimiento y tomará las medidas inmediatas para emprender las actividades de rescate”.

Sobre las investigaciones arqueológicas para realizar en este tipo de proyectos la misma Ley en su artículo 28, establece:

“Ningún particular, agencia o persona, está autorizado para realizar investigación o excavación de sitios arqueológicos y la venta, canje y exportación de materiales arqueológicos; y sólo podrán realizar investigaciones a través de instituciones científicas, con autorización expresa de la Dirección Nacional del Patrimonio Histórico y para fines científicos.”

Sobre la obtención de permisos para las excavaciones arqueológicas en el territorio nacional el artículo 8 dispone:

“Para efectuar investigaciones, y rescates arqueológicos se requiere permiso previo del proyecto respectivo por parte de la Dirección Nacional del Patrimonio Histórico, la actual gestionará ante el Ministerio de Hacienda y Tesoro el permiso correspondiente.”

Al realizar los trabajos para instalar plantas de tratamiento de aguas residuales, estaciones de bombeo y colectoras sanitarias se podrán perturbar algunos yacimientos arqueológicos que puedan existir en el terreno. Aunque en los lugares adyacentes a las áreas propuestas poco se conoce de los sitios arqueológicos, eso no descarta los posibles hallazgos de los yacimientos arqueológicos.

A continuación se presenta una descripción de los recursos arqueológicos encontrados en sitios cercanos a los propuestos para las plantas de tratamiento en las diferentes alternativas.

Planta TR-1: Esta planta será ubicada al Sureste del río Tapia, adyacente al Corredor Sur, en el sector Sur del mismo Corredor, antes de la curva horizontal. Esta área se encuentra en el terreno de rastrojos. Cerca de este sector se hicieron prospecciones arqueológicas en 1997, previo a la construcción del Corredor Sur. En las prospecciones realizadas fueron hallados materiales cerámicos erosionados, con motivo de zoomorfa (armadillo), (Foto 2.14), en el islote de tierra arenosa a una elevación de 3.17 mts. sobre el nivel del mar, en el Km. 26+3000(A. Pérez, 1998:33).

El hallazgo de estos materiales confirmó lo que veníamos sosteniendo sobre la presencia de los grupos humanos precolombinos en este sector, que se dedicaban a la pesca y a la cacería en cierto periodo de tiempo. El sitio se encuentra cerca de los manglares, posiblemente este lugar en algún momento fue utilizado como refugio temporal para sus actividades específicas. Al Sureste de este sitio corre un canal de desagüe a la dirección de la desembocadura del río Tapia que removió muchos materiales cerámicos. Aquí no se llegó a excavar en ese momento, pero se hizo la observación superficial y ocular del área. De la observación realizada sobre esta área, se sospecha que pudo haber sido un asentamiento con mayor tiempo del grupo humano prehispánico, que bajaban en canoas a la desembocadura del río para intercambio comercial o a la pesca.

En el sector Este de la ciudad de Panamá donde se plantea ubicar las plantas de tratamiento TR-1A, TR-1B, TR-1C, TR-1D y TR-1E, de la Alternativa 2, se realizaron prospecciones y excavaciones arqueológicas por los arqueólogos: Leo P. Biese, 1964, en Panamá Viejo, sitio prehispánico y colonial; José M. Crucent en 1956-61, sitio prehispánico y colonial; Richard G. Cooke en 1973, en río Bayano (Miraflores) sitio prehispánico; Beatriz Rovira, 1996-99, en Panamá Viejo, sitio prehispánico y colonial; Aguilaro Pérez, 1997-98, área del Corredor Sur, sitio prehispánico. En las áreas aledañas realizaron excavaciones Linné (1927-29) en San Blas (Carreto y Mandinga) y en el Archipiélago de las Perlas; Catat (1889) única prospección arqueológica del siglo pasado en el Darién Oriental, en los sitios prehispánicos.

Estas investigaciones arrojaron bastante información sobre los materiales culturales utilizados por la población prehispánica hasta la época de la Conquista, pero poco se ha manejado y divulgado de los resultados de estos trabajos en esta región. Incluso sobre el ecosistema de la región Este de Panamá, datos que dieron, demuestran que en esta región la vertiente Central ya había sido colonizada por los agricultores, que ya conocían el cultivo de maíz (Cooke-1998:116). Análisis de fitolitos, demostró la presencia del maíz (Piperno 1994) en esta región.

Planta TR-2: Esta planta estará ubicada en la parte baja sector este del río Juan Díaz y contiguo al Corredor Sur, en el sector Sur del mismo Corredor. Justamente en esta área se encuentra el sitio arqueológico, que fue detectado durante las prospecciones arqueológicas de 1997. Este sitio arrojó valiosísima información sobre los materiales culturales que incluía dos manos de moler, asociadas a una cerámica (borde) biselada con incisiones en el cuello, con el engobe rojo que pertenece al grupo de cerámica monocroma estilo La Mula (A. Pérez 1998:17), este grupo de cerámica data de 500 - 100 años A.P. y se frecuenta en la Península de Azuero en su mayoría.

La presencia de artefactos arqueológicos es muy amplia en esta zona y se extiende al otro lado del río donde su concentración es mayor. En ambos lados del río Juan Díaz hubo asentamientos humanos que ya se dedicaban a variadas actividades como el cultivo de granos, a la cacería, la pesca y a la cerámica.

La intensificación de la agricultura de roza se ha notado en el Lago Gatún entre 4.900 A.P. y 4000 A.P. (Piperno 1988). El cultivo de maíz (*Zea Mays*) aparece en Panamá durante el periodo Precerámico Tardío (7000-4,500 A.P.) (Piperno, 1985). Pero los sitios que se encuentran cercanos a los manglares y ciénagas de agua dulce antes de 5,000 A.P. estorban reconstrucciones del estado de la vegetación terrestre (Cooke. 1992:51), por eso es difícil definir cuando se comenzó a cultivar las otras plantas domésticas.

En Panamá a la llegada de los españoles existía una densa población indígena según fuentes documentales del siglo XVI (Cooke 1998:163), se puede confirmar con prospecciones arqueológicas sistemáticas en el área que se plantea, ya que muy poco se ha trabajado en este sector.

Planta TR-3: Es un lugar poblado cerca de la costa. En las inmediaciones de esta área, en Coco del Mar, en el patio de una casa residencial se encontró un entierro extendido acompañado de cerámicas monocromas (A. Pérez 1992), esta área actualmente está cubierta por edificaciones modernas. La osamenta de Coco del Mar es contemporánea al sitio precolombino de Panamá la Vieja. Leo Biese en 1958, en su investigación arqueológica en Panamá la Vieja, halló entierros extendidos acompañado con ajuares funerarias y huesos humanos depositados en urnas. En la excavación de 1996, en la plaza de la Catedral de Panamá Viejo, la Dra. Beatriz Rovira, halló un entierro extendido asociado con vasijas bicromas, cuentas de *Spondylus* y huesos de rana (A. Pérez 1997). El sector de Boca la Caja, donde se ubicará la planta TR-3, nunca ha sido explorado por arqueólogos, antes ni ahora, por las razones mencionadas desde el principio.

Plantas TR-4 y TR-5: Area adyacente al Canal de Panamá. En esta zona ha sido nula la actividad arqueológica, quizás por la misma situación del área. Pero esto no descarta la presencia de los restos arqueológicos.

En el área del Canal, por el sector del Caribe (Lago Gatún), se había notado el incremento del sílice de gramíneas (4900 A.P.) según Piperno (1988:208). En el Lago Madden, en 1977, se halló una punta de lanza paleoindia, que arrojó una fecha de 11,000 A.P. (Bird y Cooke 1977). En los últimos trabajos realizados (1999) del ensanche del Canal por los trabajadores en Corte Culebra, fueron hallados fósiles de un manatí (*Trichechus manatus*) del Periodo Mioceno.

En 1985 en la Isla Barro Colorado se hicieron prospecciones arqueológicas, por A. Pérez, para el análisis de polen y fitolitos, por la Dra. Dolores Piperno. Estas prospecciones dieron como resultado una considerable cantidad de material cerámico prehispánico.

3.2.6.6 *Usos actuales de la bahía*

Debido al alto nivel de contaminación existente, la bahía de Panamá tiene usos muy limitados. Entre los pocos usos del borde costero y de la bahía los principales son: recreación de contacto primario, que está limitado al área Amador y sector y a las playas Farfán, Veracruz y Kobbe; recreación de contacto secundario en el área de la Avenida Balboa, recreación sin contacto (paseos a lo largo de la bahía), pesca artesanal y pesca deportiva. La Figura 3.31 muestra los usos actuales de la bahía de Panamá.

El borde costero comprendido entre los manglares de Juan Díaz y el Casco Viejo es el área más contaminada, por lo cual no se da la recreación de contacto primario (natación, utilización de playas). En el área de Boca La Caja y La Playita se da la recreación de contacto primario a pequeña escala por los pobladores de estas comunidades. Sin embargo, estos usuarios de la bahía están expuestos a enfermedades de origen hídrico, ya que las aguas en este sector no son aptas para tal uso.

Hacia la Calzada de Amador los niveles de contaminación disminuyen y entre las Islas Naos y Perico existen áreas de balneario o pequeñas playas que experimentan una afluencia moderada de bañistas, sobre todo durante los fines de semana. Muestreos realizados en el área por el Ministerio de Salud y la Universidad Tecnológica de Panamá indican que los niveles de coliformes fecales no son de consideración y no limitan el uso seguro de estas áreas de recreación.

Figura 3.31 – Usos Actuales de la Bahía

En el lado oeste del Canal de Panamá existen tres playas de importancia para uso recreativo de contacto primario, como lo son playa Farfán, playa Veracruz y playa Kobbe. De éstas, la que presenta mejores condiciones de calidad de agua es playa Kobbe, ya que la playa Veracruz se encuentra altamente contaminada por efluentes de aguas residuales domésticas sin tratar provenientes de la comunidad de Veracruz.

En cuanto a la pesca, se da pesca artesanal, donde los principales practicantes de la misma son los moradores de las comunidades de Boca La Caja y La Playita y pescadores del Terraplén que venden el producto en áreas aledañas al Mercado Público. Las especies pescadas mediante estas naves chicas de tipo artesanal son: congo, corvina, robalito amarillo, bobo, corvina polliza, guabina y berrugate, entre otros.

En áreas más alejadas de la costa, se practica la pesca con naves mayores, predominando la pesca de camarón, langostino, pargo blanco, guabina, clamar blanco, camarón carabalí, camarón tití, sierra, pargo y corvina.

3.2.6.7 Capacidad de los laboratorio nacionales para el monitoreo ambiental

En la actualidad no se ha realizado la consultoría destinada a determinar la capacidad de los laboratorios nacionales para realizar monitoreos realizados en el Plan Maestro para el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá. Los avances en este aspecto se refieren a la creación de un Consejo Nacional de Acreditación, mediante la Ley 23 del 15 julio de 1997.

Este Consejo es un organismo auxiliar del Ministerio de Comercio e Industrias y esta integrado por cinco miembros principales y una secretaria técnica, los cuales son los siguientes:

- Viceministro Exterior de Comercio e Industrias quien preside el Consejo
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario
- Ministerio de Salud
- Ministerio de Economía y Finanzas
- Secretaria Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación
- Dirección Nacional de Desarrollo Empresarial, el cual asumirá la Secretaría Técnica del Consejo.

El Consejo en estos momentos se encuentra en su etapa inicial, en donde se trata de documentar toda la base para la acreditación de laboratorios para que posteriormente se inicie el proceso de evaluación. Entre las necesidades principales del Consejo, se contempla la importancia de capacitar a personal técnico y especialistas en distintas áreas, tanto del sector público como privado para que formen parte de una bolsa de evaluadores que se encarguen de realizar las correspondientes evaluaciones a los laboratorios que soliciten la acreditación.

Por otra parte, lo concerniente a la divulgación de los servicios que brinda el Consejo, así como la sensibilización de los distintos sectores y distintos actores del sector productivo, en cuanto a la importancia que contemos con sistemas confiables para medir la calidad de nuestros productos como los importados agilizaran y facilitarán el intercambio comercial.

En vista de las etapas iniciales en las que se encuentra el proceso de acreditación de laboratorios nacionales, que incluyen en los laboratorios ambientales, se ha optado transitoriamente por otorgar una autorización a tres laboratorios del país para la realización de la caracterización de efluentes con el fin de cumplir con las normas de aguas residuales recientemente aprobadas.

Estos laboratorios son: el laboratorio del Instituto Especializado del Análisis de la Universidad de Panamá, el laboratorio de Química de la Universidad de Panamá y el laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Tecnológica de Panamá.

4 IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y JERARQUIZACIÓN DE LOS IMPACTOS

4.1 Metodología para el análisis de los impactos ambientales

Para el análisis de los impactos ambientales se utilizaron los resultados de los modelos de calidad de agua tanto para los ríos como para la bahía de Panamá, además de los resultados de las condiciones ambientales existentes, que determinan el comportamiento y capacidad de asimilación del ambiente ante los cambios que producirá el proyecto. El análisis de los impactos ambientales también está basado en la experiencia de los especialistas en cada una de las áreas que participaron en el estudio de impacto ambiental.

La caracterización de los impactos ambientales se realizó mediante una metodología que se explica más adelante, que incluye no solamente la magnitud y extensión del impacto a producirse sino también otras características de los mismos que determinarán la importancia de los mismos. A continuación se explica la metodología utilizada.

4.1.1 Utilización de modelos predictivos

4.1.1.1 *Modelo hidrodinámico, de calidad de agua y transporte de sedimentos en la bahía DELF3D*

Simulación de las condiciones hidrodinámicas

Para la modelación de las condiciones hidrodinámicas de la bahía de Panamá se utilizó el modelo Delft-D-Flow, desarrollado por la empresa Delft Hydraulics de Holanda, el cual es un modelo hidrodinámico multidimensional (2D o 3D) que calcula fenómenos de flujo inestable de agua y transporte de sedimentos como resultado de las fuerzas meteorológicas y de las olas en una malla curvilínea.

El modelo Delft-D-Flow resuelve las ecuaciones tridimensionales de aguas poco profundas para las condiciones dadas del entorno. Las ecuaciones son resueltas por el método de diferencias finitas en una malla escalonada (curvilínea esférica u ortogonal). Para el área del estudio se aplicó una serie de modelos raíz en una malla curvilínea, utilizando en primer lugar un modelo general del Golfo de Panamá que permitió definir las condiciones de borde para el modelo detallado de la Bahía de Panamá.

El modelo emplea una malla curvilínea que abarca 218,180 puntos con aproximadamente 30,000 puntos activos. El tamaño de la malla varía de 3 kilómetros cerca del límite del modelo a aproximadamente 12 metros en la vecindad de Boca la Caja.

Las simulaciones de los patrones característicos de los flujos en la Bahía de Panamá impulsados por la marea, la corriente de Colombia y el viento permitió la definición de la capacidad de transporte advectivo del sistema, bajo varias condiciones características. Se utilizaron las disposiciones de los modelos para el Proyecto de Punta Pacífica. Estos modelos se validaron con una extensa cantidad de nuevos datos de seguimiento obtenidos por el Consorcio CESOC. Como resultado, se realizaron las nuevas simulaciones hidrodinámicas

para las condiciones de viento noreste, que representa un 55% del comportamiento de flujo anual hidrodinámico.

Simulación numérica de la calidad de agua y el transporte de sedimentos

Usando los resultados de las simulaciones hidrodinámicas se efectuaron modelados de calidad de agua para simular la variación de tiempo del transporte de sedimentos y sustancias en la Bahía de Panamá. Para tal fin se utilizó el módulo Delft-D-WAQ. Este módulo contiene una serie de ecuaciones derivadas del principio de conservación de masa. El cuerpo de agua modelado es dividido en volúmenes de control o segmentos relativamente homogéneos. Las masas de las sustancias modeladas que entran a un segmento del modelo salen del segmento ya sea por transporte físico, o por transformaciones químicas o biológicas o se acumulan en el mismo. Para cuerpos de agua representados por una serie de segmentos, el transporte puede ocurrir tanto entre segmentos como con los bordes o límites. Al calcular el transporte o acumulación de masas en los segmentos, el modelo determina las concentraciones de las sustancias de interés para la calidad del agua.

Las condiciones características eran simuladas tanto para la situación presente como para el futuro.

Se enfocaron las simulaciones de calidad del agua en la porción de agua residual, BOD5, Oxígeno disuelto y Coliformes Fecales. El sistema del modelado incluye los procesos físicos pertinentes que determinan la distribución de estos parámetros (por ejemplo las interacciones sedimento - agua).

Las simulaciones de calidad de agua y el transporte del sedimento (afectando el régimen de luz bajo el agua y el intercambio sedimento-agua) se usaron para (i) verificar y contribuir a la comprensión de los procesos importantes en la Bahía de Panamá y (ii) evaluar los impactos de aumentar o alterar las descargas de agua residuales en estos procesos por medio de la comparación de las correspondientes simulaciones.

El modelo fue calibrado utilizando la marea vertical de las isla de Naos y las mediciones de la marea horizontal reportadas por Bennett. En el proceso de calibración se realizó una comparación de los resultados del modelo con las indicaciones y conclusiones basadas en la revisión de material bibliográfico y las mediciones realizadas.

4.1.1.2 Modelo de capacidad de asimilación de las corrientes

Para la determinación de la capacidad de asimilación de los ríos donde se descargarán los efluentes provenientes de las plantas de tratamiento propuestas se utilizó el Modelo QUAL2E. QUAL2E es un modelo ampliamente utilizado y aceptado para simular la conducta de los componentes hidrológicos y de calidad del agua de un sistema de flujo. El modelo fue desarrollado en 1971 como un modelo de calidad de agua de flujo y luego fue modificado y mejorado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) hasta su forma actual. El modelo está disponible para cualquier usuario que descargue el programa del sitio de la Internet de la USEPA. La documentación para el modelo está disponible en una Publicación de la USEPA EPA/300/3-87/007.

El software QUAL2E puede simular hasta 15 parámetros de calidad de agua. Los constituyentes que pueden modelarse incluyen:

- Oxígeno Disuelto.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno.
- Temperatura.
- Algas como clorofila.
- Nitrógeno orgánico como N.
- Amonia como N.
- Nitrito como N.
- Nitrato como N.
- Fósforo orgánico como P.
- Fósforo disuelto como P.
- Coliformes.
- Constituyente no conservador arbitrario (constituyentes que se sedimentan fuera del agua o son desprendidos en el agua desde los depósitos del fondo).
- Tres constituyentes conservadores.

Los valores para estos parámetros entran al modelo basado en las características de la calidad del agua de la corriente. El modelo permite que se hagan descargas múltiples de desechos, retiros, flujos tributarios e incrementos de flujo afluente y efluente, respectivamente. El QUAL2E se limita a la simulación de estos períodos de tiempo cuando los flujos del río y la entrada de cargas de desechos son constantes. Las condiciones fijas son modeladas proporcionando un análisis que evalúa el impacto de las cargas de desecho en la calidad del agua de la corriente. También se utiliza para correlacionar el impacto de fuentes contaminantes sin fuente definida con los datos de muestreo en el campo recogidos para la corriente.

El QUAL2E puede simular cualquier ramal unidimensional de la corriente. Para un río típico, esto incluye el río principal y sus tributarios. La corriente y sus tributarios se subdividen en tramos individuales. Cada tramo es una sección de la corriente que tiene propiedades hidráulicas uniformes. Cada tramo se subdivide en elementos computacionales que describen las condiciones específicas dentro de su relativa corta distancia. Los datos hidráulicos, los coeficientes de velocidad de la reacción, las condiciones iniciales, las cargas de desechos y el flujo incremental son ejemplos de datos incorporados a los elementos computacionales.

Para comprender el modelo, cada elemento computacional debe ser pensado como un reactor completamente mezclado. La corriente está compuesta de una cadena de reactores totalmente mezclados, unidos secuencialmente uno a otro por el proceso de transporte y dispersión. Una serie de elementos computacionales unidos forman un tramo con las mismas propiedades hidrogeomorfológicas para el declive de la corriente, para la sección transversal del canal, la rugosidad, las constantes de tasas biológicas para DBO, la fuente béntica, la sedimentación de algas y otros. Una representación gráfica de un sistema de corriente dividido en tramos y elementos computacionales se presenta en la Figura 4.1.

El modelo determina el destino de los contaminantes, evaluando el efecto de la dilución, dispersión, advección, reacciones del constituyente e interacciones, tales como eliminación y descomposición, fuentes y depresiones. La ecuación de transporte masivo se desarrolla para todos estos factores y se resuelve mediante el modelo QUAL2E. La resolución de la ecuación proporciona una evaluación cuantitativa del efecto de los contaminantes en el río.

Una de las consideraciones más importantes para determinar la capacidad de la corriente para asimilar los desechos es su capacidad de mantener un nivel adecuado de oxígeno disuelto. La concentración del oxígeno disuelto se controla mediante muchos factores, incluyendo la recreación atmosférica, nitrificación, respiración de las plantas, demanda bioquímica de oxígeno, fotosíntesis, demanda béntica, temperatura y otros factores. En cada una de las corrientes para las que se hace un modelo, la interrelación de todos estos factores que afectan el oxígeno disuelto son considerados, llevando a una evaluación de la salud de la corriente.

Una característica importante del QUAL2E es la habilidad para realizar análisis de incertidumbre. El análisis de incertidumbre permite al modelador evaluar la importancia o impacto de variables en el resultado final del modelo. Ciertos datos pueden tener un efecto mínimo en el resultado del modelo, sin importar el valor que dentro de un rango de valores se introduce. E inversamente, pequeños cambios en otros datos pueden traer como resultado diferencias significativas en la salida. De esta forma las sensibilidades del modelo se evalúan y el riesgo de utilizar datos imprecisos también.

El enfoque general para los ríos a modelar en el área del estudio incluye:

- Hacer un modelo para cada sistema de río. Entrar datos que se deriven de las siguientes fuentes:
 - Datos de campo recolectados por CESOC.
 - Datos históricos presentados en varios informes.
 - Estimar valores de los constituyentes y tasas constantes de velocidad cuando los valores reales no se conocen.
- Calibrar el modelo. Lograr el mejor rendimiento para el modelo con los datos conocidos.
- Efectuar análisis de incertidumbre para determinar los parámetros que tienen un efecto significativo o no significativo en la ejecución del modelo.
- Determinar el impacto de la calidad del agua de los ríos cuando se implemente un proyecto propuesto para recolectar y tratar aguas servidas.
- Utilizar el modelo para determinar el nivel de tratamiento requerido para lograr los objetivos de la calidad del agua de la corriente.
- Hacer recomendaciones para ubicar las plantas de tratamiento de aguas negras propuestas en los ríos.

Figura 4.1 - Tramos Computacionales del QUAL2E

El desarrollo del modelo requirió un extenso trabajo para encontrar el ajuste razonable de los datos disponibles a los resultados del modelo. El proceso de calibración requirió el ajuste de los valores de diversas tasas constantes, inicialmente incorporados al modelo, tales como la tasa de reaeración, tasa de descomposición del DBO, tasa de consumo de oxígeno por los sedimentos del río, tasa de nitrificación y otros parámetros. Para lograr muchos de estos ajustes de la tasa constante se necesitó modificar varias características físicas de la corriente, como el ancho, el declive, la temperatura del agua y el tipo de fondo para lograr que las constantes de las tasas cambiaran también. Todos los valores finales utilizados para los propósitos de análisis caen dentro del ámbito normal aceptado para ríos de este tipo.

Un método final utilizado para ayudar a calibrar el modelo fue el ajuste de las cargas contaminantes que entraban a la corriente. Este fue particularmente el caso con las cargas de un gran punto industrial que obviamente ocasionaban que la calidad del agua en el río se apartara de las tendencias establecidas por los resultados de muestreo de la corriente. Se ajustaron las cargas del punto industrial hacia arriba o hacia abajo en términos de flujo y concentración del contaminante, dependiendo de la calidad del río en dicha localización.

El marco de tiempo utilizado para el desarrollo del modelo y su calibración fue la estación seca. Toda la calidad del agua y características físicas de la corriente utilizadas como entrada al modelo se consideraron únicamente si se tomaban durante los meses de diciembre a abril. Además, las observaciones en campo de cada corriente modelada fueron hechas por el equipo del estudio en el mes de marzo para suplementar los datos reunidos de diversas fuentes.

El modelo de computadora se consideró calibrado una vez que el modelo produjo resultados razonables y consistentes que se ajustaban mejor a todos los datos y condiciones disponibles observadas para describir las condiciones existentes.

Una vez que se desarrollaron los modelos calibrados para cada río para condiciones de la estación seca, se efectuó una reducción de los flujos de la corriente de manera que refleje condiciones de flujo bajo de siete días, diez años (7Q10). Esta es la condición de diseño de flujo del río durante el cual la posible planta de tratamiento de aguas negras debe operar y mantener aún un nivel de calidad de agua en la corriente. Se requirieron algunos ajustes a algunos de los variables de entrada tales como el ancho efectivo de río (resultante de flujos decrecidos) y de acumulaciones de sedimento en el fondo (hay más depósitos de sedimento bajo condiciones de poco flujo) para mostrar mejor las características de condiciones de poco flujo. La calidad del agua del río que se espera bajo los desarrollos existentes (año 2000) y los flujos 7Q10 se generó utilizando el modelo. Esto proporcionó una condición base para evaluar el efecto del alcantarillado propuesto y de los proyectos de plantas de tratamiento de aguas negras en la calidad del agua del río.

4.1.2 Matrices de interacción

Para la caracterización de los impactos ambientales tanto positivos como negativos se utilizó la metodología de matrices de interacción, las cuales consideran las características de los impactos en términos de su magnitud, extensión, tiempo, probabilidad de ocurrencia y otras, tal como se explica más abajo. Cada una de estas características de los impactos se definen como atributos.

La evaluación de los potenciales impactos consecuentes de la instalación y operación de los sistemas de tratamiento, colectoras sanitarias y emisario submarino se realizó de acuerdo con los siguientes atributos abajo definidos. Esta metodología fue desarrollada y adaptada por el equipo de consultores ambientales de la empresa Multiservice Engenharia con la coordinación del Dr. Fernando Botafogo y aplicada a diversos EIA/RIMA aprobados en Brasil.

A partir de la clasificación y posible cuantificación serán propuestas medidas para mitigar los impactos adversos y potencializar los impactos positivos. La magnitud de los impactos será obtenida a través de la suma de los atributos, y será dado un valor positivo (+) o negativo (-) de acuerdo con el sentido del impacto. Los pesos de los demás atributos están presentados posterior a la definición de los mismos.

a) Atributos de Sentido:

- impacto positivo o benéfico, cuando su manifestación resulta en la mejoría de la calidad ambiental;
- impacto negativo o adverso, cuando su manifestación resulta en daño a la calidad ambiental.

b) Atributos de Forma de Incidencia:

- impacto directo, cuando resulta de una simple relación de causa y efecto (peso 2);
- impacto indirecto, cuando resultante de su manifestación, o cuando es parte de una cadena de manifestación (peso 1).

c) Atributos de Distribución:

- impacto local, cuando su manifestación afecta apenas el sitio de las intervenciones generadoras (peso 1);
- impacto regional, cuando su manifestación afecta toda la región, además del sitio de las intervenciones generadoras (peso 2);

d) Atributos de Tiempo de Incidencia:

- impacto inmediato, cuando se manifiesta en el instante en que se da la intervención (peso 2);
- impacto a medio o largo plazo, cuando se manifiesta cierto tiempo después de realizada la intervención (peso 1).

e) Atributos de Permanencia:

- impacto temporal, cuando su manifestación tiene una duración determinada, incluyéndose en ese atributo la reversibilidad (peso 1);
- impacto permanente, cuando, una vez ejecutada la intervención su manifestación no cesa a lo largo de un horizonte temporal conocido, incluyéndose en ese atributo la irreversibilidad (peso 2).

f) Atributo de Magnitud:

- Será evaluado a través del análisis de los atributos identificados para los impactos ambientales considerados.

La magnitud de los impactos será obtenida a través de la suma de los atributos, y será dado un valor positivo (+) o negativo (-) de acuerdo con el sentido del impacto. Una vez obtenida la magnitud mediante el análisis, se realiza una reclasificación de la misma de acuerdo a la siguiente escala: magnitud entre mayor o igual a 7 y menor o igual a 8 se considera alta y se le asigna un valor de 3, magnitud entre mayor o igual a 4 y menor o igual a 6 y se le asigna una valor de 2 y por último, magnitud menor o igual a 3 y mayor que cero se considera baja y se le asigna un valor de 1.

g) Atributo de Intensidad:

- Es la fuerza con que el impacto ambiental deberá manifestarse sobre determinado compartimiento ambiental.

h) Atributo de Importancia:

- Define la importancia del impacto ambiental en cuanto a las condiciones prevalecientes en el compartimiento ambiental sobre el cual se manifestará.

i) Relevancia Global o valor del impacto:

- Es una medida que lleva en consideración la magnitud, la intensidad y la importancia de determinado impacto ambiental, evaluada a través de los atributos de los impactos y de la percepción de los técnicos del equipo interdisciplinario que analizará el medio considerado. Para las alteraciones clasificadas como pequeña, será atribuida el peso 1, el peso 2 para la alteración media y para la alteración grande se usará el peso 3, y la relevancia global es dada por el producto de la magnitud, intensidad y la importancia.

El Cuadro N° 4.1 presenta un ejemplo de la obtención de los valores finales que se incluyen en las matrices para cada una de las alternativas.

Cuadro N° 4.1 - Cálculo del Valor del Impacto sobre cada Componente Ambiental

4.2 Descripción de los impactos ambientales

4.2.1 Impactos ambientales de las alternativas- ambiente terrestre

El Plan Maestro y Estudio de Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá tiene el propósito fundamental de analizar las alternativas para el tratamiento de las aguas residuales, con el fin de evitar la contaminación de los cuerpos de agua naturales, siendo los principales los ríos Tocumen, Tapia, Juan Díaz, Matías Hernández, Río Abajo, Matasnillo, Curundú, río Farfán y río Venado y la Bahía de Panamá.

Para el análisis de los impactos ambientales de las alternativas planteadas, se consideran las áreas definidas por el consorcio. Se analizan los impactos tanto durante la construcción como durante la operación haciendo énfasis en aquellos impactos que son diferentes para las alternativas, factor a considerar en la selección de la alternativa más viable tanto desde el punto de vista tanto económico como ambiental.

Para la fase de construcción se consideran las actividades de construcción de las plantas de tratamiento, de las colectoras sanitarias y del emisario submarino. Por otro lado, para la etapa de operación se consideran las actividades relacionadas con la conducción y tratamiento de las aguas residuales, descarga del efluente tratado a los cuerpos de agua naturales, tratamiento y disposición de lodos y descarga de aguas residuales por medio del emisario submarino.

Durante la etapa de construcción los principales impactos potenciales serán los siguientes:

4.2.2 Impactos sobre los componentes físicos del ambiente

Los componentes físicos mayormente afectados son los suelos, hidrología, calidad de agua de los ríos, calidad de agua de la bahía, calidad de aire y ruido. A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de los impactos.

4.2.2.1 Erosión

La erosión es el impacto más importante sobre los suelos durante la etapa de construcción. Para evaluar la pérdida de suelo por erosión se tomó en consideración el potencial erosivo de los suelos en cada sitio propuesto para las plantas de tratamiento y para las colectoras sanitarias, determinado mediante análisis de los suelos en el área. El impacto de la erosión es negativo, directo, inmediato y temporal. Al comparar las alternativas con respecto al impacto erosivo, podemos concluir que la alternativa que produce menor impacto sobre la erosión es la alternativa 5, ya que incluye menos sitios para la construcción de plantas de tratamiento, por un lado, y por el otro, los sistemas de tratamiento planteados se encuentran en la parte baja de las cuencas donde la pendiente es mínima, factor que disminuye el potencial de erosión. La alternativa 1 presenta un impacto erosivo ligeramente mayor que la alternativa 5. Por otro lado, la alternativa que presenta un mayor impacto sobre los suelos es la alternativa 2, ya que incluye una mayor cantidad de plantas de tratamiento, algunas de estas en la parte alta y media de algunas cuencas, donde el riesgo de erosión es mayor.

4.2.2.2 Impactos sobre la hidrología

La implementación de las colectoras sanitarias y plantas de tratamiento tendrá un impacto sobre la hidrología similar para todas las alternativas planteadas. Este impacto está relacionado con la disminución de la infiltración y por lo tanto el aumento del escurrimiento superficial. Debido a que las plantas de tratamiento que ocupan una mayor cantidad de terreno se encuentran en la parte baja de las cuencas, el impacto sobre la hidrología es de poca magnitud.

4.2.2.3 Impactos sobre la calidad de agua de los ríos

Uno de los principales impactos de la instalación de sistemas de tratamiento de aguas residuales es el mejoramiento de la calidad del agua, tanto de los ríos, como de la bahía. Por lo tanto, los impactos totales sobre la calidad de agua de los ríos deben ser positivos. Sin embargo, debido a las actividades de construcción se producirán impactos negativos relacionados con la erosión y el arrastre de sedimentos desde los sitios de construcción si no se toman las medidas de control de erosión que se requieren. Estos impactos serán locales y temporales. En este sentido, la alternativa que presenta menores impactos negativos sobre la calidad de agua de los ríos es nuevamente la alternativa 5, seguida de la alternativa 1, alternativa 3, alternativa 4 y por último, la alternativa 2.

Durante la etapa de operación todas las alternativas producirán un impacto positivo sobre la calidad de agua de los ríos con respecto a la condición actual. Para sustentar este punto nos basamos en los resultados obtenidos por la modelación de la capacidad de asimilación de los ríos.

Este impacto será significativo de largo plazo, por lo que es de mayor importancia si se compara con los impactos temporales durante la construcción.

Para evaluar los impactos de las alternativas consideradas para los sistemas de colectoras y sistemas de tratamiento de las aguas residuales, incluyendo las alternativas de ubicación de las plantas de tratamiento se utilizó el modelo QUAL2E tal como se explicó en la metodología para la evaluación de los impactos ambientales.

Los modelos de la capacidad de asimilación de las corrientes proveen una técnica analítica para evaluar la capacidad receptora de la corriente para recibir las descargas tratadas sin violar las normas de calidad de agua deseadas. Es una excelente herramienta para predecir futuras condiciones del sistema bajo varios escenarios de contribución de aguas negras o para la definición de acciones administrativas y comerciales de administración del sistema.

Debido a que las alternativas consideradas para las áreas 1, 2 y 3 son las que consideran descargas del efluente tratado en diferentes puntos de los ríos, se incluyó en el análisis los ríos que serían afectados, los cuales son: río Tocumen, río Tapia, río Juan Díaz y río Matías Hernández. Para tales ríos se analizó la concentración de los principales contaminantes del agua, tanto para la condición actual como para la condición futura (año 2020) e igualmente, tanto con cada una de las alternativas como para la condición que se produciría si el proyecto no se ejecuta.

Para la comparación de alternativas se utilizaron tres parámetros que son de suma importancia para determinar la calidad de agua de las fuentes naturales, como son: la concentración de oxígeno disuelto, concentración de DBO y de coliformes totales.

Las gráficas 4.1 a 4.12 presentan los resultados obtenidos de la aplicación del modelo. La gráfica 4.1 corresponde a la concentración de oxígeno disuelto en el río Tocumen, desde el kilómetro 12 hasta el kilómetro cero o desembocadura del río en la Bahía de Panamá. La gráfica incluye la condición actual, la condición al año 2020 sin proyecto y las alternativas 1 y 2. No se incluyen las alternativas 3, 4 y 5 ya que para el Area 1 la alternativa 5 es similar a la alternativa 1 y las alternativas 2 y 3 son similares a la alternativa 2. Se puede notar de la gráfica que la concentración de oxígeno disuelto en la desembocadura es de aproximadamente 4.3 mg/l para la alternativa 1, mientras que para la alternativa 2 es de 3 mg/l. En este caso, las alternativas 1 y 5 representan mayores beneficios en términos de calidad de agua.

Para la situación sin proyecto al escenario del proyecto (año 2020) las condiciones en la desembocadura del río llegarían a un agotamiento total del oxígeno disuelto con los consiguientes impactos sobre los ecosistemas acuáticos. La sub-alternativa 5A presenta condiciones similares a la alternativa 4.

Es importante anotar que estas corridas del programa no incluyen la desinfección del efluente. El consultor ambiental pidió la corrida del mismo con desinfección, pero por razones fuera de su alcance la corrida del programa no se realizó. De esta forma, las condiciones pueden ser mejores que las presentadas aquí.

Si se compara la Demanda Bioquímica de Oxígeno, presentada en la gráfica 4.2, se puede notar que la misma es menor en toda la extensión estudiada del río para las alternativas 1 y 5, lo que indica una mejor calidad de agua. Nuevamente, notamos que la instalación del sistema de tratamiento tendrá un impacto positivo sobre la calidad o contenido orgánico del agua del Río Tocumen si se compara con la situación sin proyecto, donde la DBO se pronostica que aumentaría hasta valores cercanos a los 65 mg/l.

En cuanto a la concentración de coliformes totales, mostrada en la gráfica 3.3, la situación es bastante similar para todas las alternativas, pero se presenta un descenso a nivel de la desembocadura para la alternativa 1. El hecho de aplicar desinfección al efluente disminuirá la concentración de coliformes que serán descargados al río, sin embargo, lastimosamente no contamos con los resultados de la corrida del programa agregando la mejoría de las condiciones del efluente debido a la desinfección.

Las condiciones presentes y futuras de calidad de agua del río Tapia se muestra en las gráficas 4.4 a 4.6.

Nuevamente notamos que se presenta una mayor concentración de oxígeno disuelto para la alternativa 1, desde el kilómetro 10 hasta la desembocadura (km.0). La diferencia es de aproximadamente 1.5 mg/l entre las alternativas 1 y 2. La Gráfica 4.4 muestra que las condiciones actuales muestran un alto grado de contaminación desde los 8 km de la desembocadura.

Los niveles a 2 km de la desembocadura son de 0 mg/l la condición empeoraría significativamente para la condición al año 2020 si proyecto, ya que el O₂ se agotaría desde los 8 km de la desembocadura.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno es menor para la alternativa 1 (Gráfica 4.5), al igual que la cantidad de coliformes totales (NMP/100 ml), lo cual indica un menor impacto del efluente en el cuerpo de agua receptor (Gráfica 4.6). Ya que la calidad de agua en la desembocadura es mejor para la alternativa 1, el impacto negativo de esta alternativa sobre la calidad de agua del borde costero es menor y el impacto positivo es mayor. La diferencia entre las condiciones con la alternativa 5 y la opción sin proyecto es significativa en términos de DBO de alrededor de 40 mg/l (18 mg/l con Alternativa 5 y 65 mg/l sin proyecto).

De acuerdo al análisis anterior, para el área 1, representada por los ríos Tocumen y Tapia las alternativas más favorables sobre la calidad de agua de los ríos y de la bahía son las alternativas 1, 5 y 5A.

Las condiciones presentes y futuras para el área 2, representada por el río Juan Díaz, se muestran en las gráficas 4.7 a 4.9 para las alternativas 1 a 4. La alternativa 5 no se incluye debido a que para el área 2 ésta es similar a la alternativa 1. En la gráfica 4.7 se incluyen los valores de oxígeno disuelto, donde se puede notar que los valores más altos de oxígeno disuelto se dan para las alternativas 1 y 4.

En cuanto a la DBO (Gráfica 4.8) y a los coliformes totales (Gráfica 4.9), los valores más bajos corresponden nuevamente a las alternativas 1 y 4, lo cual indica que son las alternativas más favorables para la calidad de agua del río Juan Díaz. Si tomamos en cuenta que la alternativa 5 es similar en esta área a la alternativa 1, se concluye que la alternativa 5 también presenta condiciones más favorables. La sub-alternativa 5A es similar a la Alternativa 4.

Para el río Matías Hernández las condiciones de oxígeno disuelto se presentan más favorables para la alternativa 2, al igual que la DBO y los coliformes totales. Esto es un poco contradictorio si tomamos en cuenta que la alternativa 1 no incluye descarga de efluente tratado al río, puesto que todo el caudal de aguas residuales es conducido hacia la planta TR-3 ubicada en Boca La Caja. La alternativa 2, sin embargo, sí incluye descarga de efluente tratado proveniente de la planta TR-3A ubicada a la altura de la urbanización La Pulida. De acuerdo a las conclusiones del grupo encargado de la modelación, el no se beneficia con un efluente que continúe una alta concentración de O₂, lo que mejora las condiciones en el río. Nuevamente, se puede notar un impacto positivo significativo sobre la calidad del agua ya que los valores de DBO sin proyecto serían de alrededor de 140 mg/l para el año 2020, comparado con las condiciones con proyecto, un DBO aproximado de 50 mg/l. Sin embargo, estos valores en la desembocadura no cumplen con los valores máximos permisibles incluidos en la Normas de Aguas Residuales (35 mg/l) lo que indica aún un grado considerable de contaminación.

Gráfica 4.1 - Oxígeno disuelto en el río Tocumen

Gráfica 4.2 - DBO en el río Tocumen

Gráfica 4.3 - Coliformes Totales en el río Tocumen

Gráfica 4.4 - OD en el río Tapia

Gráfica 4.5 - DBO en el río Tapia

Gráfica 4.6 - Coli tot río Tapia

Gráfica 4.7 - OD Juan Díaz

Gráfica 4.8 - DBO Juan Díaz

A continuación se presentan las conclusiones del equipo de modelación con respecto a las condiciones o impactos sobre la calidad de agua de los ríos con las diferentes alternativas.

Conclusiones y Recomendaciones

a) Generalidades

Las actividades involucradas en el trabajo de modelación de la corriente, incluyendo la recopilación de datos, la construcción del modelo y la evaluación, destacan dos características importantes de los ríos que impactan la calidad de sus aguas.

- Los cinco ríos modelados son relativamente cortos, cuentan con pequeñas cuencas y producen un pequeño flujo natural durante la estación seca.
- Cada uno de los ríos fluye a través de áreas de desarrollos urbanos que van desde algo pobladas hasta densamente pobladas y áreas que experimentarán un rápido crecimiento en el futuro.

Estas dos condiciones traen como consecuencia que los ríos exhiban una calidad de agua severamente deteriorada (Río Tocumen en un menor grado) como resultado de las descargas residenciales, comerciales e industriales que reciben. La calidad de los ríos empeorará a medida que la Ciudad de Panamá continúa su rápido crecimiento durante los próximos 20 años, a menos que se tomen medidas para interceptar las descargas y se dirijan a nuevas instalaciones de tratamiento de aguas negras o a un emisario en el océano.

Actualmente, sólo el Río Tocumen llena en general estos criterios para el oxígeno disuelto y el DBO sobre la confluencia con el Río Tapia. Como todos los demás ríos pasan por porciones más densamente urbanizadas de la Ciudad, muestran niveles de contaminación que son mucho peores que la calidad deseable de agua. En los flujos 7Q₁₀, el modelo QUAL2E muestra que aún los niveles de DBO en el Río Tocumen están sobre los niveles deseables, mientras que los niveles de oxígeno disuelto caen a cerca de 5.0 mg/l. En las futuras condiciones que se encontrarán en el 2020 sin mejoras al alcantarillado o plantas de tratamiento, ninguno de los ríos llenará las metas deseables para el agua en los tramos inferiores durante los flujos de diseño 7Q₁₀.

4.2.2.4 Condiciones Futuras con Tratamiento (Río Tapia / Río Tocumen)

El sistema del Río Tapia/Río Tocumen es muy sensible a la descarga del efluente tratado. Con los flujos de diseño 7Q₁₀ el modelo QUAL2E proporciona los siguientes resultados:

- Alternativa 1 - La calidad del agua del Río Tapia responde muy bien a la calidad de la planta de tratamiento propuesta TR-1. El modelo muestra que el río tiene poca capacidad de asimilación. La calidad del agua en el río en el punto de descarga para TR-1 exhibe prácticamente la misma calidad de agua como el efluente tratado. El Río Tocumen, para el que no se propone una planta de tratamiento ubicada en él, mantiene una calidad de agua razonablemente buena en la mayor parte de su extensión. El oxígeno disuelto en general permanece sobre 6.0 mg/l. El DBO se mantiene debajo de 7.0 mg/l aguas arriba de la confluencia con el Río Tagareté. En este punto, el Río Tagareté se espera añada suficiente DBO para que aumente el nivel de este constituyente por encima de 10 mg/l hasta debajo en su confluencia con el Río Cabra. Si la remoción de contaminantes del

Río Tocumen y del Río Tagareté con el sistema propuesto de alcantarillado es más efectivo que lo que se ha asumido en este trabajo de modelación, la calidad de agua en este sistema de río podría mejor lo suficiente para llenar las metas de calidad de agua.

- Alternativa 2 - Con las plantas de tratamiento propuestas que se consideran para ser localizados tanto en el Río Tapia como en el Río Tocumen, ninguno de los dos ríos puede llenar las metas de calidad de agua deseable. Debido a la falta de habilidad del río para asimilar los contaminantes con efectividad, TR-1E localizada en el Río Tapia tiene un efecto inmediato en deteriorar la calidad del agua por debajo de los niveles deseables. La calidad del agua permanece pobre hasta la Bahía. Las plantas propuestas TR-1B y TR-1C en el Río Tocumen tienen poco efecto en el oxígeno disuelto ya que se espera que el efluente tratado tenga un nivel de 6.0 mg/l. Sin embargo, el nivel de DBO subirá hasta aproximadamente el mismo nivel como el efluente tratado y permanecerá cerca de 20 mg/l para el resto del tramo aguas abajo. La bacteria coliforme permanece relativamente baja en el Río Tocumen, reflejando las cifras bajas que se esperan en el efluente de TR-1B y TR-1C.
- Alternativa 3 - Igual a la Alternativa 2.
- Alternativa 4 - Igual a la Alternativa 2.

4.2.2.5 Condiciones Futuras con Tratamiento (Río Juan Díaz)

- El modelo QUAL2E del Río Juan Díaz muestra en cada alternativa que el río tiene una capacidad de asimilación limitada para el efluente tratado proveniente de las plantas propuestas de tratamiento de aguas negras. A continuación se describe la evaluación de cada alternativa.
- Alternativa 1 - Se proponen Plantas de Tratamiento de Aguas Negras TR-2A y TR-2B localizadas aproximadamente a 2 km aguas arriba de la bahía (se sustituyó por una sola planta de tratamiento para el total del caudal, lo que no cambia la situación global respecto a la calidad). El modelo QUAL2E muestra que durante las condiciones del flujo de diseño, la calidad del agua en el Río Juan Díaz en el punto donde descarga el fluente tratado, correlaciona muy de cerca con la calidad del agua del efluente. El Río Juan Díaz presenta cierta capacidad de asimilación, ya que los valores de cada contaminante en el río son ligeramente menores que los valores en el efluente. Sin embargo, las metas de la calidad deseable del agua de la corriente no se llenan bajo condiciones de flujo de diseño que estén abajo de la planta de tratamiento de aguas negras propuesta. Aguas arriba de la planta de tratamiento, especialmente aguas arriba de la Quebrada Espave/Río Palomo, Río Juan Díaz se pueden llenar las metas de calidad de agua deseable con las mejoras del sistema de alcantarillado propuesto. Si las mejoras propuestas al alcantarillado son más efectivas para remover las descargas contaminantes del río que las asumidas para este trabajo de modelación, es posible que se obtenga una calidad deseable de agua en río hasta la localización de TR-2A y TR-2B.
- Alternativa 2 - La Alternativa 2 con una planta de tratamiento adicional propuesta en el Río Las Lajas (TR-20) y Río Juan Díaz (TR-2C) trae como resultado una calidad deteriorada del agua del río mucho más arriba que la Alternativa 1. Las gráficas resultantes del trabajo de modelación muestran claramente el impacto del efluente tratado donde se introducen al río. La calidad del río cae debajo de las metas deseables aguas debajo de la confluencia del Río Las Lajas y el Río Juan Díaz.

- Alternativa 3 - El efluente tratado de la planta propuesta (TR-2C) disminuye la calidad del agua debajo de las metas deseables de calidad de agua en el Río Juan Díaz. Durante los flujos de diseño 7Q₁₀, el río no tiene suficiente capacidad para asimilar las descargas de TR-2C. A pesar de que se espera que TR-2A y TR-2B tengan un DBO más alto (6.0 mg/l) en su efluente, el alto contenido de DBO mantendrá la calidad del agua por debajo de los niveles deseables en el Río Juan Díaz hasta que llega a la Bahía.
- Alternativa 4 - Esta alternativa tiene las mismas localizaciones propuestas para las plantas de tratamiento de la Alternativa 1 y la calidad del agua de río resultante es casi idéntica.

4.2.2.6 Condiciones Futuras con Tratamiento (Río Matías Hernández)

El modelo QUAL2E muestra que el Río Matías Hernández tiene poca capacidad de asimilación de las descargas contaminadas bajo flujos de diseño de 7Q₁₀. Esto es ilustrado por el modelo QUAL2E que proporciona los siguientes resultados:

- Alternativa 1 - Para esta alternativa no se han propuesto plantas de tratamiento de aguas negras localizadas en el Río Matías Hernández. Las únicas descargas que entran a esta corriente son las pequeñas cantidades de flujo residencial que se asume continuará descargando en el río después que las mejoras propuestas al alcantarillado estén construídas. Estas fuentes contaminantes todavía bajan la calidad del agua debajo de los niveles deseables durante flujos de diseño de 7Q₁₀, aún cuando ocurre una dramática mejora en la calidad del agua en comparación con aquella situación que se presenta cuando no se cuenta con las mejoras al alcantarillado.
- Alternativa 2 - Los resultados del modelo muestran con claridad que la calidad del agua en el Río Matías Hernández exhiben casi la misma calidad del agua como el efluente tratado de TR-3A. Una vez que el efluente tratado entra al río, ocurre una debilitación del oxígeno que reduce el nivel de oxígeno disuelto a niveles inferiores a 3.0 mg/l antes de llegar a la bahía. El DBO permanece alto (<25 mg/l) a medida que entran al río descargas adicionales residenciales.
- Alternativa 3 - Igual a la Alternativa 1.
- Alternativa 4 - Igual a la Alternativa 1.

Gráfica 4.9 - Coli tot. Juan Díaz

Gráfica 4.10 - OD Matías Hernández

Gráfica 4.11 - DBO Matías Hernández

Gráfica 4.12 - Coli tot. Matías Hernández

4.2.2.7 Condiciones Futuras con Tratamiento (Río Curundú)

El Río Curundú es el más pequeño de los cinco ríos modelados. Debido a esto, tiene la menor capacidad de asimilación. Por consiguiente, tiene la menor capacidad para recibir el efluente de una planta de tratamiento de aguas negras bajo flujos de diseño de $7Q_{10}$. Los resultados del trabajo de modelación QUAL2E para las cuatro alternativas muestran:

- Alternativa 1 - La Alternativa 1 presenta una planta de tratamiento de aguas negras (TR-4) cerca del extremo inferior del río. El modelo muestra que la calidad del agua empeora regularmente con las descargas pequeñas residenciales que se asume continuarán cayendo al río después que estén instaladas las mejoras propuestas al alcantarillado. Hay poca capacidad de asimilación en el río para recibir el efluente tratado en TR-4 ya que la calidad del agua del río y la calidad del efluente tratado son casi iguales en el punto de descarga. Debe destacarse que la posición de la TR-4 fue alterada después de la simulación y que su descarga irá directamente hacia el canal de Panamá, por tanto las condiciones del río serán similares a las de aguas arriba de la ubicación antigua de la planta, deterioradas por las descargas remanentes que no hayan sido interceptadas por los colectores propuestos. Si se consigue interceptar en forma más eficiente, la calidad obtenida debe ser más alta.
- Alternativa 2 - Igual a la Alternativa 1
- Alternativa 3 - Esta alternativa es casi igual a la Alternativa 1, con excepción de que algunas características de la calidad del agua en el efluente tratado son diferentes. Sin embargo, los mismos comentarios que aplican para la Alternativa 1 aplican para la Alt.4.
- Alternativa 4 - Igual a la Alternativa 3.

b) Recomendaciones

Los resultados del trabajo de modelación QUAL2E muestran que todos los cinco ríos tienen poca capacidad para asimilar las aguas servidas de las plantas de tratamiento de aguas negras que se proponen. No pueden lograrse metas razonables en cuanto a la calidad deseable del agua, para cada río, después de las plantas de tratamiento. Por consiguiente, se recomienda que el efluente de las plantas de tratamiento de aguas negras propuestas sean dirigidas directamente a un emisario en el océano. Como una alternativa, las plantas de tratamiento podría ubicarse en el extremo inferior de cada río antes de entrar a la bahía. Esto requeriría la aceptación de una calidad de agua disminuida en los ríos inmediatamente aguas arriba de la bahía, desarrollando los siguientes proyectos:

- Río Tapia / Río Tocumen : TR-1 (Alternativa 1).
- Río Juan Díaz : TR-2A y TR-2B (Alternativa 1 o 4).
- Río Matías Hernández (Alternativa 1, 3 o 4).
- Río Curundú : TR-4 (Alternativa 1, 2, 3 o 4)

En conclusión, en cuanto a la calidad de agua de los ríos y de la bahía debido a la ubicación de las plantas de tratamiento para cada alternativa, las alternativas más favorables son las alternativas 1 y 5. Por otro lado, la alternativa sin proyecto indica para cada uno de los parámetros incluidos y cada uno de los ríos, que la calidad de los mismos continúa deteriorándose a valores que representan cada día un mayor riesgo para la salud humana.

4.2.3 Impactos sobre la calidad de agua de la bahía

Los sistemas de tratamiento propuestos tendrán un impacto positivo sobre la calidad de agua de la bahía pues la carga contaminante será removida del efluente en un gran porcentaje para no causar impactos ambientales negativos en los ríos o cuerpos receptores y permitir su recuperación gradual.

Para evaluar los impactos de las diferentes alternativas del proyecto sobre la calidad de agua de la Bahía de Panamá, se utilizó el modelo hidrodinámico Delft 3D. La aplicación del modelo requiere la definición de las cargas contaminantes actuales que entran al área de estudio ya sea a través de los ríos o de alcantarillas. Se realizan en primer lugar simulaciones hidrodinámicas cuyos resultados son utilizados para calcular el transporte y dispersión de los contaminantes. Se realizó la calibración y validación del modelo utilizando para ello los datos sobre las condiciones actuales, obtenidos de muestreos de campo realizados por el Consorcio.

La calidad de las aguas en el área de influencia del futuro emisario submarino, después del inicio de la operación del mismo y según los modelos de simulación presentados, disminuirá considerablemente en términos de coliformes fecales, a pesar de la dilución y difusión esperadas como consecuencia de la dinámica de las aguas oceánicas y la influencia de los vientos sobre ella. Como contrapartida, la situación en la costa deberá mejorar ostensiblemente.

En relación al oxígeno disuelto, también se espera un incremento en la faja costera y una disminución en el área afectada por la descarga del emisario, en torno del difusor, lo cual podrá afectar la vida acuática en ese entorno. Por esta razón es aconsejable restringir la pesca y extracción de ítems alimenticios en un área de fuerte concentración de coliformes.

Tomando como base los modelos de simulación, que muestran las manchas de varios niveles de concentración de coliformes, como indicador principal de contaminación por aguas residuales urbanas, ya que otros índices no presentan gran influencia en el área, se tomaron los límites de concentraciones de 2000 col/100 ml como patrón de calidad y se escogió un área externa a estos límites, para definirla como área de exclusión, estableciendo coordenadas fijas en un rectángulo limitado por las coordenadas UTM 985000, 993000, 666000 y 672000.

El área de exclusión para pesca y extracción podría aun disminuirse si se considera que con aplicación de desinfección se podría lograr una disminución de alrededor de 2 órdenes de magnitud en la cantidad de coliformes, disminuyendo en consecuencia el área de influencia, sin embargo, el área afectada no se considera de gran dimensión si se compara con el área total destinada a la pesca en la bahía de Panamá.

Los impactos sobre la calidad de las aguas según las previsiones para los años 2010 y 2020 indican que, de un modo general, serán positivos en la costa, con la reducción de la carga de coliformes y otros parámetros de calidad, siendo así, la implementación de medidas que reduzcan las cargas aumentará los impactos positivos y disminuirá los negativos en esta área, principalmente en lo referente al impacto sobre la pesca, que no podrá realizarse en el área de exclusión, no solamente por la posibilidad de captura de ejemplares contaminados, como también para el mantenimiento de la integridad física de los difusores y del propio emisario submarino.

Para el análisis de los impactos de la condición presente, la condición futura sin proyecto (año 2020) y la condición futura con proyecto se incluyeron los siguientes parámetros: demanda bioquímica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto y coliformes fecales.

El análisis incluyó diferentes escenarios de mareas (marea viva y marea muerta) y varias condiciones de viento (sin viento, tres diferentes velocidades de viento en dirección noreste y suroeste) para determinar la condición más crítica que se pueda presentar. De acuerdo a los resultados de la simulación, la situación más crítica o desfavorable en términos de la dispersión de los contaminantes y de la calidad resultante de la bahía es la condición de marea muerta sin viento. Se analizan aquí los resultados de la simulación para la condición más desfavorable, ya que es la que representa mayor riesgo a la salud humana y daño a los ecosistemas acuáticos.

4.2.3.1 Resultados para el año 2020 sin proyecto

Demanda bioquímica de oxígeno

Las condiciones actuales de DBO a lo largo de la Bahía de Panamá van de aproximadamente 20mg/l en los puntos cercanos a las descargas, a concentraciones menores a 0.5 mg/l aguas afuera de la misma. Si consideramos la condición al año 2020 en caso de que el proyecto no se realice, la situación empeoraría significativamente, estimándose un incremento de 50% en la DBO con el consiguiente efecto de disminución de la concentración de oxígeno disuelto y sus impactos sobre los ecosistemas de la bahía. La figura 4.2 muestra las concentraciones de DBO₅ actuales y futuras sin proyecto (año 2020). Como se puede observar, la zona crítica se expande en la parte central del borde costero (desde Panamá Viejo hasta el casco viejo de la ciudad de Panamá).

Figura 4.2 –BDO5 – Bahía de Panamá – 2000 y 2020

Figura 4 3 - Oxigeno Disuelto – Bahía de Panamá – 2000 y 2020

Figura 4.4 – Coliformes Fecales – Bahía de Panamá – 2000 y 2020

Oxígeno disuelto

En las condiciones más desfavorables de viento y marea, la concentración de oxígeno disuelto cae por debajo de 1mg/l para el borde costero (Figura 4.3). Estas condiciones imposibilitan la supervivencia de los ecosistemas acuáticos, ya que se requieren como mínimo una concentración de oxígeno disuelto de 3mg/l para que se mantenga un ecosistema acuático saludable. Al proyectar la condición al año 2020 sin proyecto, se puede notar de la Figura 4.3 que la franja correspondiente a concentraciones de oxígeno disuelto por debajo de 1mg/l se extiende hacia mar afuera. Bajo estas condiciones, las concentraciones de oxígeno disuelto a lo largo de todo el borde costero del área de estudio serían inferiores a 1mg/lm, creando problemas estéticos de malos olores por la situación anóxica de las aguas. Además del alto riesgo a la salud que esta condición representa, los problemas estéticos y de contaminación limitarían aún más el uso de la bahía.

Coliformes Fecales

La concentración de coliformes fecales es el parámetro más importante desde el punto de vista de la salud pública y es el que definiría los usos permitidos tanto actuales como futuros, ya sea para contacto primario como contacto secundario. Debido a que en Panamá no se han establecido las normas para aguas de uso recreativo, tomamos como referencia los estándares europeos, de Estados Unidos y de Canadá, los cuales se muestran en el Cuadro N° 4.2.

De acuerdo a los resultados del modelo, para los puntos cercanos a la desembocadura de los ríos, la concentración de coliformes fecales es mayor a 1E+06 NMP/100 ml, pero en términos generales predominan en la costa valores menores a 1E+05 (ver Figura 4.4). Obviamente la condición actual de la bahía no es apta para el contacto primario, ya que los valores sobrepasan incluso los valores guía recomendados por las normas europeas, que son los menos restrictivos. Como se puede observar en la figura 4.4, las concentraciones de coliformes fecales presentan un aumento para el año 2020 si no se realiza el proyecto.

Cuadro N° 4.2 - Normas para Aguas de Uso Recreativo de Estados Unidos, Canadá y Europa

Agencia	Régimen	Coliformes Fecales
Departamento de Salud de Toronto	Diario	MG < 100/100 ml >* Ninguna muestra debe exceder el valor de 400/100ml. *MG = media geométrica
Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos	5/30 días	MG < 200 /100 ml. Solamente el 10% puede sobrepasar el valor de 400/100ml.
Normas Europeas Valores Guía recomendados Mandatorio		100/100 ml. 2,000/100 ml. El 95% de los valores no deben sobrepasar la norma.

Fuente: Kay David. Leeds University Enviromental Centre. England, 1995

4.2.3.2 Resultados de la modelación con la Sub-Alternativa 5A

La definición del escenario de la sub-alternativa 5A fue el resultado de un estudio económico donde se considero que el bombeo de aguas residuales de la cuenca residuales de la cuenta del Río Matías Hernández al área 2 (planta de tratamiento de Juan Díaz) en lugar del área 3 resultaba más económico. De esta forma el caudal total hacia el emisario submarino de la Alternativa 5A se reduce a 2.59 m³/seg.

Se realizaron cambios en las condiciones de simulación para el modelo, de acuerdo a los resultados de las pruebas de laboratorio que indicaron que el T90 de 6.6. horas era muy alto y que un valor de t90 = 30 horas es mas realístico.

Los patrones de concentración de la fracción de aguas residuales de la Figura 4.5 muestran el efecto del incremento en el caudal de 1.38 m³/seg para el Río Juan Díaz comparado con el escenario 2020. Sin embargo, los cambios en las descargas de la antigua Zona del Canal son insignificantes.

Demanda Bioquímica del Oxígeno

La carga de DBOs para la sub-alternativa 5A se incrementa para el Río Juan Díaz, pero se reduce para el emisario submarino. Los yectos de este cambio se pueden ver si se compara la Figura 4.6 (Sub-Alternativa 5A) con la Figura 4.7. Cerca de la desembocadura del Río Juan Díaz las concentraciones del DBOs son mayores a 1 mg/l, pero permanecen por debajo de 2 mg/l. Para todas las situaciones, las concentraciones resultantes cumplen el objetivo de 10 mg/l.

Oxígeno Disuelto

Las concentraciones de oxígeno disuelto (Figura 4.8) son ligeramente menores en el área del Río Juan Díaz como resultado del incremento en la carga de DBOs. La concentración de oxígeno disuelto en la vecindad del Río Juan Díaz permanece por arriba de la concentración mínima objetivo definida como 3 mg/l. El área donde no se cumple la concentración de 3 mg/l no ha cambiado significativamente, comparada con el escenario 2020 (Figura 4.9 versus Figura 4.10).

Coliformes fecales

Para la sub-alternativa 5A, un numero significativo de descargas en el área costera se han removido, lo cual resulta en un mejoramiento significativo de la concentración de los coliformes fecales (Figura 4.11) comparado con el escenario del proyecto (Figura 4.12).

Además, la carga de coliformes fecales de la planta de tratamiento, se ha reducido en un 25% y con un T90 mas realístico, esto conduce a una reducción significativa del área afectada por la descarga. De acuerdo a las prediccciones del modelo, para la Alternativa 5A, la concentración de 2000 nmp/100 ml no es excedida a lo largo de la línea costera, mientras que el área donde este valor es excedido se reduce de 7 km. a 2.5 km.

Al igual que con los cálculos para escenarios previos, las predicciones del modelo deben ser tratadas con precaución debido a la incertidumbre relacionada con la mortalidad de las

bacterias, aún cuando esta está basada en experimentos de laboratorio y se utilizaron cálculos promedio de las mareas. Debido a esta última causa, las concentraciones reales en cualquier tiempo pueden ser mayores.

Sin embargo, se puede incluir que las concentraciones de coliformes fecales serán reducidas significativamente y es probable que no excedan el valor de 2000 NMP/100 ml en la zona costera.

Conclusiones Preliminares

- La sub-alternativa 5A muestra un mejoramiento significativo en las concentraciones de coliformes fecales comparado con el escenario 2020, a lo largo de la zona costera como resultado de la eliminación de un número de descargas. Es probable que las concentraciones de coliformes fecales se mantengan por debajo de 2000 NMP/100 ml en la zona costera.
- Debido al aumento en la carga de DBOs en el Río Juan Díaz, se espera un aumento local en la concentración del DBO, con la subsecuente reducción de la concentración de oxígeno disuelto, aunque esta se mantendrá por arriba de 3 mg/l. En todas las condiciones simuladas del DBO se mantiene por debajo de 10 mg/l.

Figura 4.5 – Porción de Agua Residuales – Bahía de Panamá –2020

Figura 4.6 – DBO escenario 2020 – Bahía de Panamá

Figura 4.7 – DBO escenario 2020 (Alternativa 5A) – Bahía de Panamá

Figura 4.8 – Oxígeno Disuelto escenario 2020 (Alternativa 5A) – Bahía de Panamá

Figura 4.9 – Oxígeno Disuelto Porcentaje del Objetivo escenario 2020 (Alternativa 5A) – Bahía de Panamá

Figura 4.10 – Oxígeno Disuelto escenario 2020 – Bahía de Panamá

Figura 4.11 – Coliformes Fecales escenario 2020 (Alternativa 5A) – Bahía de Panamá

Figura 4.12 – Coliformes Fecales escenario 2020 – Bahía de Panamá

Figura 4.13 – Coliformes Fecales Porcentaje del Objetivo escenario 2020 (Alternativa 5A) – Bahía de Panamá

4.2.4 Impactos sobre la biología terrestre

Durante la etapa de análisis ambiental de alternativas se realizaron visitas a cada uno de los sitios originalmente propuestos para las plantas de tratamiento de aguas residuales en cada una de las alternativas. Estas visitas fueron conjuntas entre el consultor ambiental y el equipo de ingeniería con el fin de determinar la mejor ubicación para prevenir los impactos ambientales sobre la flora y fauna.

Como resultado de este trabajo de campo, se seleccionaron nuevas ubicaciones para las plantas TR-1, TR-1D y TR-2, que originalmente afectaban parte de los manglares de Juan Díaz. Los nuevos sitios propuestos se encuentran adyacentes al Corredor Sur, en sitios de rastrojo para TR-1 y TR-1D, y herbazales para TR-2. Como consecuencia, los impactos ambientales sobre los componentes biológicos fueron significativamente disminuidos durante la planificación, que es lo más deseable para proteger los ecosistemas, especialmente en este caso que se trataba de ecosistemas frágiles.

Dentro de los componentes biológicos se incluyeron en el análisis aquellos que serán potencialmente afectados tanto en el ambiente terrestre como en el ambiente acuático. Para el ambiente terrestre se consideró la flora representada por los siguientes tipos de hábitat: bosque, hileras de árboles, rastrojo/árboles dispersos, herbazal/grama, cultivos y manglar. La fauna incluye las siguientes categorías: fauna terrestre, especies protegidas y aves migratorias. Por otro lado, en el ambiente acuático se consideraron los organismos bénticos plancton e ictiofauna (tanto en la bahía como en el punto de lanzamiento de emisario submarino).

Las plantas de tratamiento propuestas en la Alternativa 1 no afectarán los bosques ni los manglares, ya que, como se señaló anteriormente, fueron reubicadas para evitar impactos significativos. El área propuesta para la planta TR-1 de la alternativa 1 está cubierta de rastrojo. Dada esta situación se consideró que el impacto sobre la flora es pequeño. Por otro lado, pueden verse afectadas algunas especies de fauna terrestre y aves migratorias. La ubicación de la planta TR-3 no tendrá afectación sobre la biología terrestre, puesto que se encuentra en un área poblada. En cuanto a la planta de tratamiento TR-4, ésta se ubicará en un área cubierta actualmente de grama, por lo que los impactos sobre hábitats serán pequeños. En el caso de la planta TR-5, se ubicará aprovechando un sistema de lagunas de estabilización existente, por lo que sólo se requerirá una ampliación del sistema de tratamiento, en área actualmente cubierta por grama.

En el caso de la alternativa 2, la planta de tratamiento TR-2C afectará un remanente de bosque de galería que se encuentra rodeando la confluencia de los ríos Naranjal y Juan Díaz, por lo que los impactos sobre la flora y fauna serán mayores.

En conclusión, la alternativa que produce menor impacto negativo sobre los componentes biológicos terrestres es la Alternativa 5, seguida muy de cerca por la alternativa 1. Las alternativas 2, 3 y 4 tienen el potencial de mayor afectación de los recursos biológicos, especialmente la alternativa 2 que incluye una serie de plantas de tratamiento en la parte media de las cuencas, por lo que afecta, en el caso de la planta TR-2C, un remanente de bosque de galería.

4.2.5 Impactos sobre los componentes socioeconómicos y culturales

Los componentes socioeconómicos y culturales considerados en el análisis de alternativas incluyen: densidad de población, distribución espacial de la población, condiciones económicas, empleo, valorización de propiedades, reubicación de viviendas, enfermedades, nivel de saneamiento ambiental, usos del agua, paisajes, valores estéticos tanto en el sitio de la planta como en los ríos y la bahía, patrones culturales y sitios arqueológicos.

4.2.6 Impactos sobre la economía

Tanto durante la fase de construcción como durante la fase de operación se generarán empleos que mejorarán las condiciones económicas de la población si se utiliza mano de obra local. Durante la operación los impactos sobre las condiciones económicas serán mayores debido al incremento esperado del turismo interno e internacional en áreas que actualmente son insalubres. Se consideró que los impactos sobre la economía durante la etapa de construcción serán moderados, ya que incluyen solamente la generación de empleos en forma temporal. Sin embargo, durante la etapa de operación, además de la generación de empleos relacionada con la operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento, se generarán mayores impactos positivos en términos de la mayor afluencia de turistas y la valorización de todas las áreas que mejorarán sus condiciones ambientales. Por lo tanto, para la etapa de operación, se consideraron impactos socioeconómicos altos.

Por otro lado, hay que tomar en cuenta que la implementación del Plan Maestro para el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá tiene un costo económico que debe ser asumido por la población en forma de una tarifa por el servicio. El impacto de la aplicación de la tarifa será negativo para la economía familiar, especialmente en el caso de la población de escasos recursos económicos. Para definir la capacidad de pago y sobre todo la disponibilidad de pagar por la prestación del servicio de tratamiento de las aguas residuales y beneficios consecuentes, el consorcio ha realizado un estudio de consulta a la comunidad directamente afectada por los costos y beneficiada por el tratamiento y mejoramiento de la calidad de los cuerpos de agua.

4.2.7 Impactos sobre la salud

Debido a que el principal beneficio esperado de un proyecto de saneamiento ambiental como es el caso de la implementación de un programa de tratamiento de las aguas residuales, es el mejoramiento de la calidad de vida de la población y el mejoramiento del ambiente en general, y en especial, la calidad de los cuerpos de agua naturales, los impactos totales relacionados con la salud son positivos para todas las alternativas.

Uno de los principales impactos será la disminución de la tasa de incidencia de las enfermedades de origen hídrico como la enfermedad diarreica aguda, hepatitis, amebiasis, giardiasis, y las enfermedades relacionadas con infecciones cutáneas.

De acuerdo a los estudios realizados para determinar el perfil epidemiológico de las poblaciones encontradas en el área del proyecto, se detectó que existe una relación directa entre las condiciones de saneamiento y la tasa de incidencia de enfermedades de transmisión hidroatógena. Aquellas comunidades que tienen condiciones aceptables en

términos de dotación de agua potable, recolección de aguas residuales y que no tienen contacto con cuerpos de aguas contaminados presentan una tasa de incidencia de enfermedades mucho más baja que los corregimientos que tienen problemas de saneamiento ambiental.

Por lo tanto, se espera que la tasa de incidencia de enfermedades de transmisión hidroalimentaria en el área de estudio experimente un descenso significativo con la puesta en operación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Además de los beneficios de tener mejores condiciones de salud, los costos de consultas y tratamientos médicos disminuirán, al igual que la pérdida de horas de trabajo por causa de las enfermedades relacionadas con deficientes condiciones de saneamiento. Este impacto sobre la salud y calidad de vida de la población se consideró de magnitud, intensidad e importancia elevada, teniendo un peso importante con respecto a otros impactos que son de orden temporal.

4.2.8 Impactos sobre los valores estéticos

Los impactos sobre los valores estéticos se pueden considerar positivos y de gran magnitud e importancia durante la etapa de operación y negativos y de pequeña magnitud durante la etapa de construcción. Durante la construcción de las plantas de tratamiento, de las colectoras sanitarias y del emisario submarino, se presentarán impactos que serán temporales y locales, pues ocurrirán o afectarán sólo a los sitios de construcción de las plantas de tratamiento, colectoras sanitarias y emisario submarino.

Durante la etapa de operación, ya que se espera lograr como beneficio del proyecto la recuperación de los cuerpos de agua contaminados, que incluyen los ríos Tocumen, Tapia, Juan Díaz, Matías Hernández, Río Abajo, Curundú, Farfán y Venado y de todo el borde costero, incluyendo el área Panamá Viejo como sitio turístico, el paseo del Boulevard Balboa, el Casco Viejo, las Bóvedas, la calzada de Amador y las playas Farfán y Veracruz, el impacto sobre los valores estéticos será positivo, directo, regional, y de una duración permanente, por lo que se consideró de magnitud alta, de intensidad alta y de importancia alta.

Si comparamos el impacto sobre los valores estéticos y paisajes causados por las seis alternativas propuestas, se puede concluir que, ya que las alternativas 1 y 5 no incluyen descargas de efluentes tratados en la parte media de las cuencas, tendrán un mayor beneficio desde el punto de vista de la salud y los valores estéticos, sobre todo para las comunidades localizadas en las riberas de los ríos.

4.2.9 Impactos sobre los recursos arqueológicos

La construcción de los sistemas de tratamiento y colectoras sanitarias sobre los recursos arqueológicos tienen mucha probabilidad de perturbar sitios que no se han detectado o para los cuales no existen registros en la Dirección de Patrimonio Histórico del Instituto Nacional de Cultura (INAC).

Considerando los sitios propuestos para la ubicación de los sistemas de tratamiento, los probables impactos sobre los recursos arqueológicos serían los siguientes. Para la planta TR-1 se consideró que la magnitud del impacto sería media porque TR-1 está en las inmediaciones del sitio donde se encontraron materiales cerámicos erosionados en 1997. Se piensa que cerca del río Tapia hubo asentamientos humanos prehispánicos. En cuanto a la planta TR-2 se consideró una magnitud alta del impacto, debido a que en 1997 se encontraron en ambos lados del río Juan Díaz muchos materiales cerámicos que están relacionados con la cerámica La Mula (500 a 100 años A.C.).

El sitio propuesto para la planta TR-3 tendrá un impacto bajo sobre los recursos arqueológicos debido a que está en un poblado cerca de la costa y además el sitio presenta afloraciones rocosas donde existe poca probabilidad que haya albergado asentamientos humanos precolombinos. En cuanto a TR-4, la magnitud del impacto es baja debido a que hasta el momento no se ha registrado hallazgos arqueológicos en el área. La misma situación se repite para TR -5.

La alternativa 2 considera un número mayor de sitios a ser utilizados para la construcción de sistemas de tratamiento. Las ubicaciones de la planta TR-1 de la alternativa 1 coincide con las ubicaciones de la planta TR-1D por lo cual los impactos se consideran similares, al igual que en el caso de TR-2, TR-3, TR-4 y TR-5. En cuanto TR-1 A, TR-1B, TR-1C y TR-1E, que pertenecen a la zona de los ríos Tapia y Juan Díaz, están en una zona donde hay probabilidades de sitios arqueológicos por lo cual no se descarta que se encuentren allí materiales culturales precolombinos.

En conclusión, ya que las alternativas 2, 3 y 4 presentan una mayor cantidad de sitios a ser utilizados, los cuales están ubicados en una zona con probabilidades de contener materiales culturales, estas alternativas tendrán un mayor impacto sobre los recursos arqueológicos que las alternativas 1 y 5.

Los sitios arqueológicos adyacentes donde se han realizado trabajos de prospección por arqueólogos demostraron la existencia de materiales culturales en la zona del proyecto, por lo cual se recomienda que en la etapa de diseño del proyecto y previo a las actividades de construcción se realicen trabajos de prospección arqueológica.

4.3 Impactos ambientales de las alternativas – ambiente marino

4.3.1 Intervenciones sobre el ambiente marino

Las intervenciones son las acciones que irán acarrear alteraciones en el medio ambiente, y serán consideradas en las fases de construcción y operación del emisario, separadamente para las alternativas propuestas, bien como para la no implantación del emisario.

4.3.2 Fase de construcción

La fase de construcción se caracteriza por una elevada movilización de equipamientos, lo que constituye una considerable fuente de intervenciones ambientales adversas. Sin embargo, estas alteraciones son temporales, lo que puede reducir la relevancia global de los impactos. Las intervenciones ambientales provocarán alteraciones ambientales que son analizadas en la matriz de impactos.

Las intervenciones en el ambiente marino consecuentes de las obras de implantación del emisario submarino serán las siguientes:

4.3.2.1 Obras en la región entre – mares:

Las obras en la región entre mares acarrearán alteraciones en la comunidad bentónica allí establecida. Durante el período de la obra ocurrirá pérdida total de los organismos bentónicos.

Perforación de rocas:

Las alteraciones consecuentes de esta intervención serán también principalmente sobre la comunidad bentónica, con todo si esas perforaciones fuesen realizadas debajo del agua producirán también alteraciones en la calidad del agua, en el plancton, tanto en el zooplancton como en el fitoplancton y en la ictiofauna. En la comunidad bentónica ocurrirá la pérdida total de los organismos, una nueva comunidad se establecerá después de terminada la intervención.

Se ocasionará una reducción en la calidad de agua por el aumento de las partículas en la columna de agua, lo que reducirá la transparencia y aumentará la turbiedad. Estas alteraciones comprometerán el fitoplancton por la disminución de la disponibilidad de luz. El zooplancton será comprometido también por la íntima relación con el fitoplancton para los herbívoros bien como para los carnívoros, que tendrán también reducción en la disponibilidad de alimento. La ictiofauna estará comprometida dada la generación de ruido provocada por la perforación.

Dragado:

Los dragados acarrearán la pérdida total de la fauna bentónica bien como en las áreas adyacentes, por la desestabilización de los sedimentos. Se producirá también mucha cantidad de partículas en suspensión, al igual que de materia orgánica. Esto reducirá la

disponibilidad de luz en la columna de agua además de la reducción en las concentraciones de oxígeno disuelto y aumento en la demanda bioquímica de oxígeno. Esas alteraciones reducirán sobremanera la calidad de agua y comprometerán también el fitoplancton, el zooplancton y los peces (ictiofauna) dada las interacciones ecológicas entre los compartimentos bióticos y abióticos en el ecosistema.

En lo que se refiere a la columna de agua, no serán alteraciones exclusivamente locales, las características granulométricas de los sedimentos (alto porcentaje de fracciones muy finas) permitirán que el material resuspendido quede por mucho tiempo en la columna de agua pudiendo alcanzar otras áreas.

Lanzamiento del material dragado:

En el caso que haya lanzamiento del material dragado en alguna área en el mar, eso provocará alteraciones en toda la comunidad asociada a la columna de agua (fito, zooplancton y peces) bien como el soterramiento de la comunidad bentónica local por la disposición del sedimento. Esas alteraciones no serán exclusivamente locales dada las características granulométricas de los sedimentos dragados.

Instalación de la tubería para el emisario

Provocará alteraciones inmediatas durante las operaciones en la columna de agua, pero muy localizada y de corta duración

De esta forma, 4 alteraciones ambientales deberán ocurrir a partir de las intervenciones arriba descritas. Esas alteraciones serán evaluadas en la matriz de impacto y las mismas son:

- Pérdida del bentos
- Alteración en la calidad del agua
- Alteración en la comunidad planctónica
- Alteración de la ictiofauna.

- Pérdida del Bentos

Esta alteración es de sentido negativo, directo, local, inmediato y permanente, con todo una vez cesada las intervenciones y los locales donde hubiere un substrato disponible una nueva comunidad de organismos bentónicos se establecerá. Lo que en términos de relevancia posee una alta magnitud, pero baja intensidad e importancia.

- Alteración en la Calidad de Agua

Sentido negativo, directo, local, inmediato y temporal, de magnitud e intensidad media y baja importancia, dado el hecho de ser temporal.

- Alteración en la Comunidad Planctónica

Sentido negativo, directo, local, inmediato y temporal, de magnitud e intensidad media y pequeña importancia.

- Alteración en la ictiofauna

Sentido negativo, directo, local, inmediato y temporal, de magnitud media, pequeña intensidad y grande importancia.

4.3.3 Fase de Operación

La fase de operación se caracteriza por la actividad o funcionamiento del agente que acarreará las intervenciones en el medio ambiente, en el caso del emisario submarino. Para la fase de operación serán consideradas las alternativas propuestas (Cuadro N° 4.3) reunidas de acuerdo con los flujos, siendo que deberá considerarse que la dilución final en los difusores para las diferentes alternativas serán las mismas (1:100). De esta forma, los impactos esperados en el ambiente marino serán de la misma intensidad e importancia para las seis alternativas.

Cuadro N° 4.3 - Alternativas para el emisario submarino

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
Caudales máximos (m3/s)	5,13	4,38	4,23	2,65	5,47
Extensión (m)	7100	7000	6950	6800	7100
Material del tubo	Polietileno de alta densidad	Polietileno de alta densidad	Polietileno de alta densidad	Polietileno de alta densidad	Polietileno de alta densidad
Rugosidad (C)	140	140	140	140	140
Diámetro (m)	1.5	1.4	1.4	1.2	1.5

Las únicas intervenciones relacionadas con el emisario submarino en la fase de operación, serán el lanzamiento de los desechos urbanos en el punto de lanzamiento y el término del aporte de los residuos por los ríos y canales que desaguan en la costa (playa). Para la evaluación de los impactos sobre las especies marinas producidos por el lanzamiento del efluente mediante el emisario submarino se analizaron los resultados de modelación del movimiento de la pluma de contaminación desde el punto de lanzamiento, obtenidos mediante el modelo LABMON (Laboratorio de Modelagem dos Oceanos, del Instituto Oceanográfico de la Universidad de Sao Paulo). El modelo considera la formación de la pluma inicial en las proximidades de los difusores y la dispersión posterior de los contaminantes, la cual toma en cuenta la tasa de decaimiento bacteriano o T90. Para las condiciones climatológicas de la Bahía de Panamá el T90 es de aproximadamente 2 horas. Con un valor de T90 de 3 horas la simulación del movimiento de la pluma indica que la mancha no alcanza las áreas costeras. Sin embargo, se producirán impactos sobre las comunidades localizadas cerca del punto de lanzamiento. Estas alteraciones (impactos) esperadas para el ambiente marino serán las siguientes:

- Alteración en las Comunidades Bentónicas en el Sitio de Lanzamiento
- Alteración en las Comunidades Bentónicas en la Región Entre - Mares
- Alteración en la Calidad Del Agua en el Sitio de Lanzamiento

- Alteración en la Calidad Del Agua en las Playas
- Alteración en la Comunidad Planctónica en el Sitio de Lanzamiento
- Alteración en la Ictiofauna no en el Sitio de Lanzamiento

4.3.3.1 *Comunidades Bentónicas*

Una vez iniciado el lanzamiento, ocurrirá un excesivo aporte de materia orgánica que en parte se depositará en el fondo, provocando alteración en la estructura de la comunidad bentónica local, por la sustitución y/o disminución del número de especies. En una situación mas drástica, el local del lanzamiento podrá tornarse totalmente inadecuado para el establecimiento y desarrollo de cualquier organismo de la macrofauna y/o mediofauna bentónica. Esto se debe a las elevadas concentraciones de materia orgánica y consecuentes modificaciones en la composición granulométrica de los sedimentos y reducción de las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua cercana al fondo. Con todo a pesar de negativo, directo, local, inmediato y permanente, lo que determina una gran magnitud, son las alteraciones de pequeña intensidad e importancia, considerando o tamaño de la mancha (que en el peor de las situaciones no llega a 10% de 7 km. – tamaño del emisario) y a la bahía de Panamá como área de influencia.

Por otro lado, son esperadas alteraciones en la estructura de la comunidad en la región entre - mares y en el infra litoral superior. Estas alteraciones serán consecuentes de la interrupción del aporte de desechos en las playas, lo que deberá permitir el establecimiento de especies que en las condiciones actuales no se consiguen desarrollar. Este argumento es corroborado por la presencia de moluscos bivalves encontrados en las estaciones 4 y 5 de las campañas oceanográficas de septiembre de 1999, que a pesar de ya estar muertos en el momento del monitoreo, presentaban conchas en excelente estado de conservación (presencia de perióstraco) indicando que el animal había muerto hacía poco tiempo. Todos eran especímenes jóvenes que parecían haber sido reclutados del plancton y desarrollado poco.

Especímenes vivos de las mismas especies fueron encontradas en otras estaciones más lejanas. Lo mismo puede estar ocurriendo para otras especies de otro grupos faunísticos, que no poseen conchas, lo que permitió esta observación. Siendo así esas alteraciones fueron clasificadas como positiva, directa, regional, mediata y permanente lo que determina una gran magnitud, y también gran intensidad e importancia, considerando que son muchas playas y que esos animales constituyen importantes eslabones en la cadena alimenticia.

4.3.3.2 *Calidad del Agua y Plancton*

Deberán ocurrir alteraciones en las concentraciones de oxígeno disuelto, nitrógeno, fósforo, material en suspensión, lo que provocará disminución en la penetración de luz en la columna de agua y aumento en el número de coliformes y otras bacterias asociadas, en el sitio de lanzamiento. Este impacto es negativo, directo, local, inmediato y permanente, por consiguiente de gran magnitud. Con todo de pequeña intensidad, una vez que los modelos de dispersión elaborados para el local demostraron que el tamaño de la mancha es pequeña en relación a bahía de Panamá, indicando también que no ocurrirá retorno hacia la playa. La importancia fue clasificada como media, una vez que muchos procesos biológicos están asociados a la calidad del agua, como la sucesión de especies fitoplanctónicas.

Ya en la calidad de las aguas de las playas son esperados impactos positivos una vez que cesará el aporte de residuos sanitarios que son actualmente lanzados directamente en las playas. Este impacto es positivo, directo, mediato, regional y permanente, o sea de gran magnitud y de gran intensidad e importancia, una vez que muchas playas, que actualmente no presentan condiciones adecuadas de balneabilidad, presentarán una mejoría en las condiciones de balneabilidad. Y también de gran importancia, pues además que la población local puede disfrutar de playas en las áreas centrales, y podrá también contribuir para el aumento del turismo local.

En lo que se refiere a la comunidad planctónica, tanto fito como zooplanctónicas, la misma interpretación dada para la calidad del agua puede ser aplicada, considerando con todo, que deberán ocurrir alteraciones en las interacciones entre el fito y el zooplancton. Este impacto es negativo, directo local y permanente, lo que acarrea en gran magnitud, pero de baja intensidad, considerando el tamaño de la mancha, mas de media importancia, dada las interacciones arriba mencionadas.

4.3.3.3 *Alteración de la Ictiofauna*

Las alteraciones en la composición físico - química del agua podrá espantar los peces del área, siendo este un impacto negativo, directo, local, inmediato y permanente, o sea de gran magnitud. Con todo, considerando las características de la mancha de pequeña intensidad, aunque de media importancia por tratarse de especies que puedan poseer interés económico. Cabe resaltar, que no es de esperarse alteraciones en el desplazamiento de especies que buscan los estuarios para la reproducción, una vez que las corrientes no permitirán que la mancha alcance los estuarios de los ríos Tocumen, Juan Díaz y Matías Hernández. Hay que considerar también, que el aumento de materia orgánica en el sitio de lanzamiento podrá atraer especies detritívoras (que se alimentan de desechos orgánicos).

4.3.4 **Impacto de Operación del Emisario – Alternativa 5a**

Con relación a la fase de operación del emisario, se consideró en la evaluación de los impactos esperados, los resultados obtenidos a partir de los modelos de dispersión de la pluma elaborados por DELFT, aplicados para la alternativa 5A, es decir los últimos entregados.

Cuando se compara la situación actual con la del año 2000, se observa que, en términos generales, ocurrirá una mejoría excelente en la calidad del agua cercana a la costa, en lo que se refiere principalmente a la concentración de coliformes fecales, una vez que las aguas costeras deberán presentarse en buenas condiciones de balneabilidad.

Sin embargo, en el área de los difusores del emisario, ocurrirán alteraciones que provocarán una acentuada reducción en la calidad del agua, principalmente por el aumento de la carga de nutrientes, reducción de penetración de la luz solar, aumento de la concentración de coliformes , reducción del oxígeno disuelto y aumento de la demanda bioquímica de oxígeno.

En términos de masa de agua, esas alteraciones influenciarán directamente a la comunidad fitoplanctónica y zooplanctónica, que deberán presentar reducción en su diversidad de especies y aumento de la dominancia. Sin embargo, estas alteraciones estarán restringidas al área próxima a los difusores del emisario, de manera que si se compara con el área total de

la bahía de Panamá al área costera, la cual presentará una acentuada mejoría en la condición hidrográfica, se torna un impacto irrelevante, principalmente porque la mejoría en las condiciones costeras permitirán que se establezca en esta región una comunidad planctónica que no existe hoy en día, probablemente con aumento de la diversidad específica, de la productividad primaria y secundaria.

Respecto a la comunidad bentónica, deberán ocurrir también, de la misma forma que con el plancton, reducciones en la diversidad de especies, aumento de la dominancia y alteración en la producción secundaria de la endofauna, que estarán también restringidas a un área alrededor de los difusores. Esto deberá ocurrir debido a la gran cantidad de materia orgánica que se depositará en este lugar. Sin embargo, en relación a lo que se refiere a organismos de la epifauna, como crustáceos (camarones y cangrejos), deberán ser atraídos por el aumento de la disponibilidad de alimento, toda vez que estos animales son preferencialmente detritívoros.

Como se trata de un efluente urbano y no industrial, no se espera que hayan problemas de contaminación de los peces y otros items del pescado, el aporte de sustancias químicas que podrían acumularse en los tejidos de esos animales y que podrían causar contaminación por parte de personas que ingieran esos animales es ínfimo. Bacterias, que es lo que será colocado en el ambiente, mueren rápidamente en las aguas marinas y después sometidos a altas temperaturas, cuando los peces y crustáceos sean cocidos o preparados con sazones ácidas.

Sin embargo, es imposible estimar en moneda corriente el costo de este impacto, pero si consideramos que las condiciones en las playas mejorarán, es de esperar que después de algún tiempo, en torno de un año, se vuelva posible coleccionar mariscos en las regiones intermareales, en las cuales hoy es totalmente inviable. Así siendo, es evidente que los impactos positivos consecuentes de la implantación del emprendimiento serán mucho más grandes que los negativos y estarán restringidos a un área pequeña, sobreestimada en 4 km² alrededor de los difusores.

En lo referente al ambiente marino, no es posible implementar medidas mitigadoras de los impactos negativos, sin embargo, los programas de educación ambiental, principalmente con las comunidades humanas directamente ligadas a la pesca, deberán aumentar el efecto de los impactos positivos y reducir las chances de ocurrir problemas localizados. Otro aspecto de extrema importancia es la implementación de un programa de monitoreo de la calidad del agua y de la biota acuática, lo antes posible, de manera de acumular el máximo de informaciones previas a la construcción del emisario, lo que permitiría la comprobación de las mejorías como consecuencia de las obras.

4.3.5 Consideraciones Finales

En lo que se refiere al ambiente marino, los impactos consecuentes de la fase de implantación del emisario, serán negativos. Sin embargo, una vez terminadas las obras y si los procedimientos de extracción de los materiales provenientes de los dragados y perforación fuesen retirados de los locales de forma adecuada, el ambiente estará apto para retornar a las condiciones adecuadas al establecimiento de comunidades típicas.

En la fase de operación del emisario, los impactos tanto positivos como los negativos serán permanentes. Sin embargo, como ya fue mencionado anteriormente, de pequeña intensidad

dadas las condiciones de circulación y dispersión en el sitio de lanzamiento (+/- 7 Km. de la costa, a una profundidad de más de 12 metros). Para monitorear los impactos, se deberán implementar programas de monitoreo de las playas, área de lanzamiento y áreas adyacentes, bien como programas de educación ambiental de la población para mejor aprovechamiento de los recursos naturales. Como por ejemplo, el lanzamiento de basura en las playas, como es bastante notorio en el área de estudio.

4.4 Matrices de Impactos Ambientales

El análisis de los impactos ambientales de cada una de las alternativas sobre los componentes físico – químicos, biológicos y socio económicos del ambiente se realizó en base a una metodología de caracterización de impactos ambientales que ya fue expuesta en este informe.

Esta caracterización de los impactos incluyó atributo de sentido (positivo o negativo), forma de incidencia (directo o indirecto), distribución (local o regional), tiempo incidental (inmediato, medio o largo plazo), permanencia (temporal o permanente), magnitud (alta, media o baja) importancia y relevancia global. Los resultados de la asignación de valores relativos a los impactos se presentan en las matrices 1, 2, 3, 4, 5 y 5A para las alternativas consideradas en el proyecto.

Luego del análisis de los impactos de cada una de las alternativas sobre los componentes del ambiente físico, biológico, socioeconómico y cultural y de acuerdo a los resultados de la magnitud de los impactos positivos y negativos de cada una de las alternativas, se concluye que la alternativa que producirá menores impactos negativos y mayores beneficios ambientales es la alternativa 5. Entendiéndose que, como sub-alternativa de la alternativa 5, se considera en la Alternativa 5A el trasvase de los caudales del área de la cuenca del río Matías Hernández para el área 2, con tratamiento en la planta TR-2, cercana al río Juan Díaz, que disminuye los impactos en el mar y no altera fuertemente los impactos en el área de tratamiento ni en el río que recibe sus efluentes, por lo tanto, desde este punto de vista, se recomienda la selección de la misma.

(Incluir matrices de impactos ambientales)

5 DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y EL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

5.1 Medidas de mitigación para los componentes del ambiente terrestre

5.1.1 Erosión en los sitios de ubicación de las plantas de tratamiento y de las colectoras sanitarias.

Se consideran medidas temporales y permanentes de control de erosión tales como la utilización de barreras de troncos, lagunas de retención de sedimentos y revegetación con grama. Otras de las medidas de control de la erosión están relacionadas con el acarreo y disposición adecuada de los materiales desechables (desechos vegetales y tierra) de manera que no produzcan impactos sobre la calidad del agua. Para tal fin, los sitios adecuados para la disposición final deben ser propuestos a la Autoridad Nacional del Ambiente durante la etapa de diseño y aprobados por la misma. Se debe establecer un plan de manejo ambiental de los sitios de disposición y la restauración de los sitios una vez terminen las actividades de construcción. Los costos asociados con las medidas de control de erosión, acarreo, disposición de material desechable y manejo ambiental de botaderos para cada alternativa se encuentran en el Cuadro N° 5.1.

5.1.2 Costos de pérdida de bosque

Se consideraron los costos asociados con la compensación por tala de árboles de acuerdo a las tasas estipuladas por la Autoridad Nacional del Ambiente que se encontraban vigentes al momento de realizar el estudio. Es importante resaltar que, según los procedimientos vigentes, los pagos de compensación ecológica por tala eximen al promotor de las actividades de reforestación como medida compensatoria. Sin embargo, se incluyen aquí costos de reforestación ya que se recomienda crear barreras naturales entre los sitios de tratamiento de las aguas residuales y las poblaciones circundantes para disminuir los impactos estéticos ocasionados por malos olores y perturbación del paisaje natural. Se incluyen además los costos de rescate de fauna antes de las actividades de construcción para cada una de las alternativas.

Un factor importante para asegurar el cumplimiento de las medidas de mitigación y protección ambiental es la educación ambiental tanto de los trabajadores como de la población en general. Los costos relacionados con las medidas de mitigación de los impactos sobre los componentes biológicos se encuentran en los Cuadros N° 5.2 a 5.6.

Cuadro N° 5.1 - Costos de control de erosión, acarreo, disposición de material desechable y manejo ambiental de botaderos

Cuadro N° 5.2. Costos de compensación ecológica para la Alternativa 1

Cuadro N° 5.3. Costos de compensación ecológica para la Alternativa 2

Cuadro N° 5.4. Costos de compensación ecológica para la Alternativa 3

Cuadro N° 5.5. Costos de compensación ecológica para la Alternativa 4

Cuadro N° 5.6. Costos de compensación ecológica para la Alternativa 5

Cuadro N° 5.7 - Costos Socioeconómicos por Reubicación de Viviendas, Alternativas 1 a 5

5.1.3 Medidas de mitigación de los impactos socioeconómicos y sus costos asociados

Los costos sociales incluyen los costos de reubicación de viviendas en áreas necesarias para la construcción de las colectoras sanitarias. Para el caso de los sitios propuestos para la construcción de las plantas de tratamiento no habrá reubicaciones ya que se consideraron lugares que no se encuentran ocupados por edificaciones.

Para definir los costos de reubicación se realizó un recorrido por todas las cuencas en los lugares donde se instalarán las colectoras sanitarias. Las visitas de campo fueron conjuntas entre el consultor ambiental y el equipo de ingeniería, con el fin de determinar en campo alternativas para la ubicación de las colectoras sin afectar las viviendas. Debido a que existen muy pocas variaciones con respecto a la ubicación de las colectoras sanitarias, variaciones que no representan cambios relacionados con la reubicación de viviendas, los costos asociados con la indemnización por reubicación de viviendas es similar para todas las alternativas. Estos costos se presentan en el Cuadro N° 5.7.

5.1.4 Medidas de mitigación de los impactos sobre los recursos arqueológicos y sus costos asociados

Al terminar las investigaciones preliminares en la propuesta planteada y haber establecido los lugares o sitios que podrán ser afectados directamente por la construcción de las plantas de tratamiento de aguas servidas y colectoras sanitarias, es importante tomar medidas necesarias. Considerando el impacto que pueda ocasionar la obra, previo al inicio de los trabajos es importante hacer la inspección ocular superficial de los materiales arqueológicos en los lugares indicados. Las medidas a ser aplicadas para la protección de los recursos arqueológicos se encuentran más adelante en el Plan de Manejo Ambiental.

La información arqueológica sobre los sitios señalados arriba: en el área del Canal y en otros lugares adyacentes, donde se propone instalar plantas de tratamiento de aguas residuales y colectoras sanitarias, es de suma prioridad para efectos de estudio y prevención sobre los Recursos Culturales, que puedan impactar el mismo Proyecto.

Es importante destacar que las investigaciones realizadas en el sector Este de Panamá ha dado el resultado solamente dos fechas de carbono 14, una en Miraflores y la otra en la Isla Carranza. Por lo que es importante y no cabe duda un proyecto de esta magnitud pueda dar más pistas para la investigación de la ciencia arqueológica en este sector de Panamá.

En las medidas de mitigación la operación de salvamento que se recomienda en los sitios identificados y mantener el monitoreo continuo es para asegurar que el hallazgo accidental de un sitio no sea pasado por alto y se pierdan esos valiosos objetos que atestiguan la evidencia humana que existieron en la Época Prehispánica.

5.2 Medidas de mitigación para los componentes del ambiente marino

Con relación a los costos ambientales, los indicadores de impactos identificados, no podrán ser traducidos en costo monetario, sin embargo, si eso se pudiese hacer, no serían determinantes de una de las seis alternativas, una vez que en todas será mantenida la misma dilución. Esto se debe a que cualquiera que sea el caudal de aguas residuales que el emisario descargue, los difusores estarán dimensionados para obtener una dilución mínima inicial de 1:100, con esto se logra una concentración semejante e independiente del volumen descargado, en la superficie próxima al difusor, por lo cual la dispersión de contaminantes en el campo largo, que se muestra en las figuras del modelo de la pluma (Figura 5.1) es similar para todas las alternativas.

Además debe destacarse el hecho de que los beneficios consecuentes de la interrupción del aporte de aguas residuales en las playas permitirán mayor exploración del turismo en la región, lo que es conocido que aumenta la recaudación, al igual que el número de empleos.

Infelizmente es imposible aplicar medidas mitigadoras para los impactos descritos en el área de los difusores, no obstante el impacto de positivo consecuente de la mejoría de las condiciones del agua costera podrá ser aumentada con la implementación de programas de educación ambiental, cuyo objetivo de informar a la población local sobre la necesidad de no lanzar basuras en las playas y de preervar el ambiente en cuestión, una vez que actualmente, en las últimas décadas, el litoral se presenta en pésimas condiciones.

Por otro lado, se sugiere que de manera preventiva, para preservar la estructura del emisario y difusor, no sea permitida la pesca en el área alrededor del mismo. La pesca en el área de los difusores comprometerá su estructura por riesgo de daños. La pesca de esos crustáceos se realiza por medio de redes de arrastre.

En lo referente al ambiente marino, no es posible implementar medidas mitigadoras de los impactos negativos, sin embargo, los programas de educación ambiental, principalmente con las comunidades humanas directamente ligadas a la pesca, deberán aumentar el efecto de los impactos positivos y reducir las chances de ocurrir problemas localizados.

Otro aspecto de extrema importancia es la implementación de un programa de monitoreo de la calidad del agua y de la biota acuática, lo antes posible, de manera de acumular el máximo de informaciones previas a la construcción del emisario, lo que permitiría la comprobación de las mejorías como consecuencia de las obras.

Figura 5.1 - Distribución de la pluma del efluente con $T_{90}=3h$, 96 horas después del inicio de la descarga

5.2.1 Programas del Plan de Manejo Ambiental

El Plan de Manejo Ambiental incluye los siguientes programas:

5.2.1.1 *Programa de control de erosión y sedimentación en los sitios de ubicación de las plantas de tratamiento, estaciones de bombeo y colectoras sanitarias. Este programa incluye la disposición de material desechable y el manejo ambiental de botaderos*

Debido a que las colectoras sanitarias, las estaciones de bombeo y las plantas de tratamiento se encuentran en las cercanías de los cuerpos de agua superficiales (ríos y quebradas) cualquier movimiento de tierra o perturbación de los suelos puede causar impactos indirectos sobre la calidad del agua al aumentar la turbidez, contenido de sólidos y aporte de sedimentos en los cauces.

En la cuenca del río Juan Díaz se tienen en la actualidad serios problemas de inundaciones en su parte baja debido a la disminución de la capacidad de conducción del cauce por rellenos realizados en áreas inundables tanto para uso urbanístico como para uso comercial. Es crítico entonces contar con un programa de control de erosión no solamente en la cuenca del río Juan Díaz sino en toda el área del proyecto para evitar impactos adicionales tanto directos como indirectos.

Con el programa de control de erosión y sedimentación se persigue mitigar el fenómeno de erosión hídrica, estabilizar los taludes una vez terminadas las obras, controlar el escurrimiento superficial a través de la construcción de drenajes, minimizar el transporte de sedimentos hacia los cauces y disminuir los impactos sobre la calidad de agua, especialmente las condiciones de turbidez y contenido de sólidos totales .

Ya que durante la construcción es inevitable contar con acumulaciones de suelo en el sitio de trabajo, especialmente durante la excavación de zanjas para la instalación de las colectoras sanitarias que corren paralelas a los cuerpos de agua, se deben aplicar medidas temporales de control de erosión tales como la protección o cubrimiento de las pilas de tierra con lonas u otro material impermeable, la construcción de barreras en la parte baja de las acumulaciones de material para que este no sea arrastrado hacia los cauces y las lagunas de retención de sedimentos para evitar que en el caso de movimiento del material del suelo hacia partes más bajas, éste alcance los cauces o cuerpos de agua. Las barreras temporales alrededor del material suelto pueden consistir de cercas de troncos, barreras de sacos de arena o bloques o de cualquier otro material disponible en el sitio que no sea contaminante.

Las lagunas de retención de sedimentos o trampas de sedimentos deben ser construidas en sitios más bajos a los puntos de acumulación del suelo, entre dicho sitio y el cauce del río y sus dimensiones deben ser determinadas de acuerdo a la cantidad de precipitación que se da en el área. Las dimensiones de estas lagunas de sedimentación dependen de si se requieren para retener sedimentos de un solo aguacero o de varios aguaceros por un período de tiempo. Por lo tanto, se debe definir durante la etapa de diseño la necesidad específica de acuerdo a la programación de las actividades de colocación de las colectoras sanitarias en cada frente de trabajo.

Debido a la alta tasa de precipitación que se da en el área de estudio, lo más recomendable, para evitar los impactos de erosión y sedimentación en los cauces es programar las actividades de excavación y colocación de tuberías durante la época seca, de enero a abril.

Actualmente existen en el mercado técnicas de colocación de tuberías que requieren un mínimo de perturbación del suelo por lo que debe evaluarse durante la etapa de diseño el uso de tal tecnología para disminuir los impactos de erosión y sedimentación.

A medida que se vayan concluyendo las actividades en cada frente de trabajo, será necesario aplicar medidas permanentes de control de erosión como lo son la revegetación y la construcción de disipadores de energía. La revegetación o encespedado de los taludes se debe realizar preferiblemente con especies leguminosas que se adapten a las condiciones de los suelos para garantizar su establecimiento exitoso. El programa de encespedado debe incluir el mantenimiento del césped colocado por un período no menor de 3 meses para asegurar que el mismo no sucumba una vez colocado y que rinda los beneficios esperados.

En el caso de existir espacio disponible, algo poco probable en el área de estudio debido a la cercanía de las viviendas a los cauces de los ríos, se debe procurar la siembra de árboles o arbustos que tienen como función proteger los ecosistemas acuáticos creando un microclima adecuado para su desarrollo.

5.2.1.2 Manejo ambiental de botaderos de material excavado

Para evitar impactos indirectos sobre la calidad de las aguas, se deben definir previamente, en la etapa de diseño los sitios de botaderos de material estéril. Estos sitios deben estar a una distancia mínima de 500 metros de cualquier cuerpo de agua superficial, ya sean ríos, quebradas, lagos o riachuelos. Estos sitios deben ser previamente aprobados por la autoridad competente.

Los sitios de botaderos deben contar con vías de acceso que no perturben el paisaje ni a los pobladores del área. Generalmente se utilizan depresiones en el terreno, pero en caso contrario, se deben proveer barreras para la retención de los materiales de manera que estos no escapen hacia los cuerpos de agua superficiales. Al terminar el uso de los mismos, se debe restaurar el área mediante la plantación de grama o arborización para evitar impactos sobre el paisaje o erosión posterior.

5.2.1.3 Programa de rescate de fauna

Durante los estudios de campo tendientes a definir la ubicación de las plantas de tratamiento de aguas residuales en cada una de las alternativas consideradas se consideraron los posibles impactos sobre los recursos biológicos terrestres, por lo que se recomendó al equipo de ingeniería, por parte del consultor ambiental responsable de este estudio la reubicación de algunas plantas de tratamiento para la protección de la flora y la fauna, especialmente aquellas ubicadas en los manglares y áreas de alto valor ecológico. Por esta razón, muchos de los impactos ya han sido eliminados durante la etapa de planificación. Sin embargo, existen ciertas áreas donde no fue posible evitar la afectación de fauna, por lo que se incluye aquí las medidas que deben ser aplicadas para la protección de la misma.

Los objetivos de este programa son la captura de la mayoría de los macrovertebrados terrestres entre los que se incluyen los mamíferos, reptiles, aves y sus nidos que pudieran encontrarse en el área que será perturbada; la reubicación o traslado de los animales capturados hacia habitats similares a su habitat natural, de manera que se garantice su supervivencia sin afectar el equilibrio ecológico existente en estas nuevas áreas.

El rescate de fauna debe realizarse por lo menos una a dos semanas antes de iniciarse las actividades de limpieza y desmonte y deben ser coordinadas con los funcionarios de la Autoridad Nacional del Ambiente y garantizar su presencia y área de reubicación. Una vez iniciadas las labores de rescate de fauna, se requiere mantener personal en el área para hacer esfuerzos adicionales de rescate.

Para la captura se realizarán recorridos a lo largo de transectos trazados en el campo en las áreas que serán afectadas. Los sitios de ubicación de las plantas de tratamiento de aguas residuales de la parte este de la ciudad (plantas TR-1 y TR-2) están ocupados actualmente por herbazales y rastrojos, por lo que se asume que la fauna existente es escasa.

En el caso de las colectoras sanitarias, ya que las mismas serán ubicadas en las zonas más bajas cerca a los cauces de los ríos y dadas las condiciones de ocupación urbana de las cuencas, con viviendas que en algunos casos se encuentran prácticamente sobre el cauce, la existencia de fauna silvestre es mínima porque la vegetación se circunscribe a hileras de árboles, donde lo más probable es que sólo existan aves con sus nidos y reptiles. En este caso, se debe realizar un recorrido por el alineamiento propuesto para las colectoras, rescatando las especies que se encuentren.

Al momento de la captura de debe realizar una clasificación y registro de los ejemplares encontrados, luego de lo cual se procederá a su inmediato traslado a sitios previamente definidos que cuenten con habitats similares a los que serán impactados.

Tal como se señaló anteriormente, el programa de rescate de fauna debe ser estrechamente coordinado con la Autoridad Nacional del Ambiente, de manera que exista una supervisión adecuada y que personal especializado de dicha institución pueda aportar para el mejor desempeño de dicho programa.

5.2.1.4 Programa de desmonte, disposición de vegetación y compensación ecológica por tala y pérdida de vegetación.

Las actividades de desmonte incluyen la remoción de árboles, arbustos y vegetación herbácea existente en las áreas donde se ubicarán las infraestructuras (plantas de tratamiento de aguas residuales, estaciones de bombeos y colectoras sanitarias).

Una de las principales medidas de prevención de los impactos sobre la flora es deforestar la mínima área posible requerida para realizar los trabajos de construcción. Para tal fin, se debe delimitar previamente en el campo el área a ser deforestada mediante el uso de cintas de colores y otro mecanismo de fácil identificación por los trabajadores. La vegetación adyacente a las líneas de las colectoras sanitarias que requiere ser eliminada debe ser marcada adecuadamente para evitar la destrucción innecesaria de árboles.

Antes de iniciar las actividades de desmonte se deben obtener los permisos correspondientes de la Autoridad Nacional del Ambiente, para lo cual se debe contar con un inventario de la cantidad de árboles, especies y diámetros de los mismos.

La Autoridad Nacional del Ambiente y el Municipio han establecido tasas de compensación ecológica por tala que varían dependiendo de la especie o de si se trata de jurisdicción de la Administración Regional Metropolitana de ANAM o de la Dirección de Ornato del Municipio de Panamá. La Administración Regional Metropolitana de ANAM hace los cobros de tala a razón de B/.1.00/m³ para especies de importancia forestal, mientras que para otras especies se calcula el valor a razón de B/. 5.00-10.00 cada uno. Si se realizan los trámites a través de la Dirección de Ornato del Municipio de Panamá, de acuerdo a el cuadro de Compensación Ecológica, el costo por árbol puede variar de B/.100-5,000 c/u, dependiendo de las características del árbol. En el caso de palmas, el costo es de B/.30.00-35.00 cada uno. Los mecanismos dependen de las disposiciones de la Autoridad Nacional del Ambiente al aprobar el proyecto mediante la resolución de impacto ambiental.

Es importante resaltar que los pagos de compensación ecológica eximen al promotor de las actividades de reforestación como medida compensatoria. Sin embargo, en este estudio de impacto ambiental se ha considerado un programa de revegetación que incluye la siembra de árboles, tal como se presenta a continuación.

Durante la etapa de diseño del proyecto se deben definir las áreas mínimas a ser deforestadas en cada caso y antes de la construcción se deben realizar las coordinaciones pertinentes con la Autoridad Nacional del Ambiente o la Dirección de Ornato del Municipio.

Durante la construcción se debe operar el equipo móvil de manera que cause el mínimo deterioro a la vegetación y a los suelos. Para tal fin se deben definir y delimitar previamente en campo las áreas permitidas para el movimiento de tal equipo e informar a los operadores de manera que sea del completo conocimiento de todo el personal.

5.2.1.5 Programa de revegetación

A pesar de que se incluyeron en los costos ambientales de las medidas de mitigación costos de compensación ecológica por tala, que eximen de la reforestación como medida compensatoria, se incluye aquí la revegetación, con el fin de crear barreras vivas que aislen los sitios de tratamiento de la población circundante con lo cual se cumplen varios propósitos. En primer lugar, se disminuye o minimiza el impacto visual y estético que produce la infraestructura de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales al crear una barrera de vegetación alrededor de las instalaciones. En segundo lugar, los posibles malos olores generados en algunos de los sistemas son absorbidos o minimizados por la vegetación. En tercer lugar, las barreras vivas constituyen un aislante natural contra el ruido. De esta forma se protege a las comunidades aledañas a las plantas de tratamiento de aguas residuales de los ruidos generados en las mismas.

Para tal fin se recomienda, una vez terminen las obras de construcción de la infraestructura en cada uno de los sitios de tratamiento, la siembra de árboles de especies nativas del área, preferiblemente de crecimiento rápido y que presenten mucho follaje.

Para la definición de los detalles del plan de arborización de debe contar con la asistencia técnica necesaria de manera que se garantice el uso de especies que tengan altas

probabilidades de sobrevivir de acuerdo a las condiciones de los suelos y a la profundidad promedio del nivel freático (disponibilidad de agua para las plantas). Es necesario considerar distancias de plantación que permitan el normal desarrollo de los árboles hasta su estado adulto. Para tal fin se recomienda sembrar a una distancia aproximada de 2.5 metros entre hileras y 3.0 metros entre plantas, para una densidad de árboles de 1,333 árboles por hectárea, correspondiendo a cada plantón un área aproximada de 7.5 metros cuadrados para su desarrollo.

5.2.1.6 Programa de manejo de desechos

El objetivo de este programa es minimizar los impactos que se pudieran ocasionar sobre los cuerpos de agua naturales y ecosistemas aledaños o sobre la población por el manejo inadecuado de los residuos generados tanto durante la construcción como durante la operación.

El programa de manejo de desechos incluye el manejo de desechos sólidos, manejo de aguas residuales generadas por el equipo de trabajo durante la construcción, manejo de los desechos generados por los sistemas de tratamiento de aguas residuales durante la operación y manejo de desechos peligrosos tanto durante la construcción como durante la operación.

Dentro de este programa se debe contar con personal responsable que tenga conocimiento y experiencia en el tema. Este personal debe llevar un registro periódico de la cantidad y tipo de residuo generado y de la disposición final de los mismos.

Manejo de desechos sólidos domiciliarios

En el caso de los desechos sólidos de origen domiciliario, estos deben ser colocados en recipientes o contenedores aprobados por la Dirección de Aseo Urbano y Domiciliario (DIMAUD), de manera que se garantice su eliminación en los sitios dispuestos por esta institución (relleno sanitario de Cerro Patacón). Estos pueden ser eliminados por el contratista en el mencionado relleno o por personal de DIMAUD previa coordinación del contratista con dicha institución para asegurar el transporte oportuno de tales desechos sin que causen impactos negativos en el sitio de producción y almacenamiento.

Se debe promover entre los trabajadores el reciclaje de residuos, mediante programas de educación ambiental que se realicen previo al inicio de las actividades de construcción.

Manejo de escombros

En el caso de escombros o restos de concreto o de estructuras existentes, se debe verificar la posibilidad de utilización como material de relleno en el área para evitar el transporte e impacto sobre otras áreas. En caso de no poder utilizarse, este material debe ser trasladado al relleno sanitario de Cerro Patacón.

Manejo de aguas residuales generadas durante la construcción

En el caso de las aguas residuales generadas por el equipo de trabajo durante la construcción, están deberán ser dispuestas adecuadamente para evitar la contaminación de

los cuerpos de agua adyacentes a los frentes de trabajo. Para la disposición de las mismas se debe proveer en cantidad suficiente de servicios sanitarios portátiles provenientes de compañías que se dedican a esta actividad y que se encargan de evacuarlos con una periodicidad que no ponga en peligro la salud de los trabajadores o del ambiente circundante. En este caso se debe dar cumplimiento a las regulaciones que para tal fin establece el Ministerio de Salud.

Manejo de desechos peligrosos

Los desechos peligrosos que se pueden generar durante las actividades de construcción y operación del proyecto incluyen: aceites usados y lubricantes, baterías, limpiadores y solventes, lodos provenientes de los procesos de tratamiento de aguas residuales y restos o envases de los químicos utilizados en los procesos de tratamiento, tales como los contenedores de cloro.

Se debe asegurar un manejo ambientalmente seguro de los desechos peligrosos generados tanto durante la etapa de construcción como durante la etapa de operación. Todos los desechos peligrosos deben ser recolectados, clasificados, inventariados y almacenados de una manera sanitariamente segura según las normas estipuladas por el Ministerio de Salud, hasta su disposición final, la cual debe realizarse bajo la aprobación de la autoridad competente y en los lugares destinados para tal fin. Los contenedores de desechos peligrosos deben ser rotulados o etiquetados para su fácil identificación, indicando los peligros y medidas de precaución que se deben tener para su manipulación y transporte.

Cualquier derrame accidental de residuos que puedan causar daños a los ecosistemas terrestres y/o acuáticos debe ser notificada inmediatamente de manera que se tomen los correctivos necesarios.

Para el manejo adecuado de los desechos peligrosos sin poner en riesgo el ambiente y la salud de los trabajadores es imprescindible ejecutar un programa de capacitación de todos los trabajadores antes del inicio de las actividades de construcción. Estos programas de capacitación el manejo de desechos sólidos y peligrosos deben ser coordinados con la Sub-Dirección de Salud Ambiental del Ministerio de Salud.

Se debe realizar una inspección periódica de los sitios de almacenamiento de desechos peligrosos para detectar derrames o deterioro de los envases o contenedores de almacenamiento.

Manejo de desechos generados durante la operación

Los principales desechos generados durante la operación incluyen restos de materia orgánica y lodos provenientes de los procesos de tratamiento primario, secundario y desinfección. Para el manejo ambientalmente seguro de los lodos y otros desechos se debe establecer las acciones las cuales deben estar contenidas en el Manual de Operaciones de las Plantas de Tratamiento con el cual deberá contar cada instalación de tratamiento de aguas residuales. Estos Manuales de Operación deben ser divulgados entre el personal encargado de la operación de las plantas a través de programas de capacitación y entrenamiento del personal.

5.2.1.7 Programa de control de ruido y de la calidad del aire

Los objetivos del programa de control del ruido y de la calidad del aire con minimizar los impactos que sobre la población y los ecosistemas circundantes producen los ruidos excesivos y contaminantes atmosféricos generados por la maquinaria y equipo de construcción y de operación.

Para la mitigación de los impactos producidos por el ruido se debe mantener la maquinaria y equipo en óptimas condiciones para lo cual se requiere el mantenimiento preventivo, reducir el ruido en el origen evitando el uso excesivo de bocinas, controlar el ruido entre la fuente de generación y las comunidades mediante la instalación de pantallas de material absorbente de las ondas sonoras, o dejando pantallas existentes de árboles que proporcionan una amortiguación moderada.

Se debe limitar el tiempo de exposición de los trabajadores al ruido y en todo caso proveerlos de elementos de protección auditiva cuando los niveles de ruido generado así lo requieran.

Para evitar que los ruidos generados durante la operación de las plantas de tratamiento afecten a la población circundante se debe sembrar una barrera de árboles de follaje espeso, combinada con diferentes estratos de plantas de crecimiento rápido que aisle las instalaciones de las comunidades, la que al mismo tiempo actúa como pantalla visual, disminuyendo los impactos sobre el paisaje.

Para el control de la contaminación del aire se debe disminuir la emisión de partículas de polvo en los sitios de construcción mediante la adecuada protección o cubrimiento de las pilas de material y el rociado periódico con agua de las vías de tierra. También se debe realizar un mantenimiento periódico preventivo de los equipos para reducir las emisiones por combustión incompleta.

5.2.1.8 Programa de mitigación de los impactos sobre el medio marino

Infelizmente es imposible aplicar medidas mitigadoras para los impactos descritos en el área de los difusores, no obstante el impacto de positivo consecuente de la mejoría de las condiciones del agua costera podrá ser aumentada con la implementación de programas de educación ambiental, cuyo objetivo de informar a la población local sobre la necesidad de no lanzar basuras en las playas y de preservar el ambiente en cuestión, una vez que actualmente, en las últimas décadas, el litoral se presenta en pésimas condiciones.

Por otro lado, se sugiere que de manera preventiva, para preservar la estructura del emisario y difusor, no sea permitida la pesca en el área alrededor del mismo. La pesca en el área de los difusores comprometerá su estructura para riesgo de daños. La pesca de esos crustáceos se realiza por medio de redes de arrastre.

Como se trata de un efluente urbano y no industrial, no se espera que hayan problemas de contaminación de los peces y otros items del pescado, el aporte de sustancias químicas que podrían acumularse en los tejidos de esos animales y que podrían causar contaminación por parte de personas que ingieran esos animales es ínfimo. Bacterias, que es lo que será colocado en el ambiente, mueren rápidamente en las aguas marinas y después sometidos a

altas temperaturas, cuando los peces y crustáceos sean cocidos o preparados con sazones ácidas.

Sin embargo, es imposible estimar en moneda corriente el costo de este impacto, pero si consideramos que las condiciones en las playas mejorarán, es de esperar que después de algún tiempo, en torno de un año, se vuelva posible coleccionar mariscos en las regiones intermareales, en las cuales hoy es totalmente inviable. Así siendo, es evidente que los impactos positivos consecuentes de la implantación del emprendimiento serán mucho más grandes que los negativos y estarán restringidos a un área pequeña, sobreestimada en 4 km² alrededor de los difusores.

5.2.1.9 Programa de compensación económica por reubicación de viviendas o expropiación de terrenos.

Para el caso de los sitios propuestos para la construcción de las plantas de tratamiento no habrá reubicaciones ya que se consideraron lugares que no se encuentran ocupados por edificaciones.

En el caso de las colectoras sanitarias, después de realizar un recorrido por todas las cuencas en los lugares donde se tiene previsto instalar las colectoras sanitarias, se determinó que existen pocos casos en los cuales haya que reubicar viviendas o pobladores, sobre todo porque en los casos donde las viviendas se encuentran construidas prácticamente en los márgenes de los ríos, se optó en la medida de las posibilidades, de recomendar la instalación de las colectoras por las calles adyacentes, algunas de las cuales tienen un alineamiento paralelo a los ríos.

En la sección correspondiente a las medidas de mitigación de los impactos socioeconómicos aparecen los costos involucrados en reubicación. Antes de la expropiación de terrenos o reubicación de viviendas se debe establecer una estrecha coordinación con los pobladores que serán afectados, el Ministerio de Vivienda y el Ministerio de Obras Públicas para definir la compensación justa en cada caso. En la mayoría de los casos, la servidumbre estipulada por las autoridades competentes a la orilla de los ríos y cuerpos de agua naturales no es respetada por los dueños de viviendas, y no existe control al respecto, por lo que se deben establecer los mecanismos con las autoridades competentes para subsanar este problema.

5.2.1.10 Programa de prospección y rescate arqueológico

Considerando el impacto que pueda ocasionar la obra, previo al inicio de los trabajos es importante hacer la inspección ocular superficial de los materiales arqueológicos en los lugares indicados.

De ser halladas las evidencias arqueológicas en el área, se recomienda un plan de rescate arqueológico en estos sitios, que consiste en:

- Hacer sondeos rápidos cerca del sitio.
- Abrir calas de 1x1m en los puntos importantes donde existen materiales arqueológicos.
- Sitios donde existan menor incidencias del material arqueológico, no es necesario hacer calas.

- De hallarse mayor cantidad de material cultural se necesitará más tiempo de trabajo de rescate arqueológico.

Metodología de trabajo:

- Supervisión ocular a pie en las áreas planteadas
- Marcar con cintas de señalamiento lugares donde hay evidencia de los materiales culturales y sitios hallados.
- Hacer perforaciones de 50x50cm., hasta la roca (tierra estéril).
- Herramientas de trabajo que se utilizan: palaustres, mallas de 1/8" y de 1/4", brújula, cintas métricas, aparato fotográfico y rollos (para estos materiales se necesitaría un presupuesto adicional).
- Tiempo de trabajo necesario, dos meses máximos:
 - 4 semanas de trabajo de campo
 - 2 semanas de trabajo de laboratorio y
 - 2 semanas de preparación del informe final.

En caso de encontrarse restos de asentamientos o enterramientos precolombinos podría cambiar el plan de trabajo estipulado.

En el plan de mitigación se hará:

- Excavaciones adicionales en los sitios ubicados.
- Catalogación de artefactos recuperados (en el laboratorio)
- Documentación de la información sobre el sitio donde fueron encontrados los artefactos.

Las excavaciones adicionales se realizarían inmediatamente y su duración sería tres semanas de trabajo.

Las medidas de mitigación y de salvamento en los sitios arqueológicos donde se realizan los trabajos de remoción profunda de tierra, se recomienda esta operación y mantener un monitoreo continuo durante la fase de construcción de plantas de tratamiento y colectoras sanitarias, en este caso. Si ocurre un hallazgo eventual, de ser así, es importante para los trabajos y hacer el levantamiento urgente en el mismo sitio, para que los trabajos de este proyecto desarrolle normalmente.

5.2.1.11 Programa de educación ambiental a los trabajadores

Para asegurar el éxito en la ejecución del Plan de Manejo Ambiental es necesario contar con la participación de todo el personal involucrado en las actividades de construcción y operación. De lo contrario, la falta de conocimiento sobre las consecuencias de las acciones de los mismos puede poner en peligro las medidas de protección ambiental estipuladas. Por esta razón es necesario ofrecer un programa de capacitación ambiental a los trabajadores antes del inicio de los trabajos de construcción.

Se debe establecer un protocolo para el ingreso y contratación de los trabajadores, los cuales deben recibir, antes de iniciar labores una charla general sobre los aspectos ambientales del

área del proyecto, el estudio y las obligaciones de la empresa de compensar por los daños ambientales ocasionados. Luego se debe capacitar en forma específica y durante las diversas fases a los grupos de trabajadores, en el manejo y disposición de desechos sólidos y peligrosos, control de erosión, importancia de la flora y fauna, control de la contaminación del agua y otros temas relacionados con la ejecución del proyecto y sus posibles impactos ambientales. Todo el personal debe tener conocimiento de las acciones de protección ambiental incluidas en el Plan de Manejo Ambiental, de manera que puedan cooperar para la eficiente ejecución del mismo.

5.2.1.12 Programa de educación ambiental al público beneficiario del proyecto

Muchos de los problemas ambientales existentes en el área de estudio se deben a la falta de conciencia ciudadana sobre la necesidad de proteger el ambiente y principalmente a la falta de participación de la comunidad en la solución de los problemas de contaminación. Esto es especialmente cierto en el caso de la inadecuada disposición de los desechos sólidos, ya que los pobladores los depositan en muchos casos en las márgenes de los ríos sin detenerse a pensar en el daño ecológico ocasionado.

La población no está del todo consciente de los beneficios relacionados con la disminución de los riesgos a la salud y el mejoramiento de la calidad de vida que representa un ambiente libre de contaminación y de la importancia de la participación de cada una de las personas en la solución de los problemas de falta de saneamiento.

Por esta razón y para garantizar que una inversión de la magnitud proyectada rinda los beneficios esperados es necesario contar con la participación activa de la comunidad como actores principales.

Las encuestas a una muestra representativa de la comunidad en el área de estudio realizadas durante el programa de participación ciudadana demostraron que ha existido un nivel mínimo de participación de la comunidad en seminarios y charlas relacionados con la protección ambiental. En este sentido es imperativo realizar un programa masivo de educación ambiental a todos los niveles de la sociedad civil, de manera que se conozcan los beneficios no solamente del Plan de Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá, sino del impacto positivo de las acciones encaminadas a la protección del ambiente que cada ciudadano puede emprender en su vida diaria.

Uno de los aspectos en que se requiere hacer énfasis es en la importancia de la protección de los recursos hídricos y del uso racional del agua, ya que los niveles de consumo de agua potable de la población del área metropolitana son relativamente altos si se comparan con otras ciudades de la región. Esto, aunado a la contaminación cada vez creciente de las fuentes de agua que suplen al área metropolitana, redundan en costos adicionales de tratamiento que pueden ser evitados.

Además de programar charlas y seminarios dirigidos a la comunidad en general sobre temas de protección ambiental, se deben establecer campañas coordinadas con los medios de comunicación y con las autoridades municipales y darles la divulgación necesaria para lograr la participación del mayor número de personas posible. Además de los mecanismos consistentes en seminarios, foros y charlas, se debe distribuir material didáctico consistente de panfletos que puedan ser distribuidos a través de las instituciones públicas como la Autoridad Nacional del Ambiente, el Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales y el

Municipio. Tales panfletos u hojas volantes deben contener información sencilla y de fácil entendimiento que pueda crear conciencia en la población en general.

A través del Ministerio de Educación, con la participación de las entidades públicas y privadas relacionadas con la protección del ambiente, se debe promover la realización de campañas y concursos entre los estudiantes a nivel primario y secundario, de manera que se cree una cultura ambiental en la niñez y la juventud.

Los programas de educación ambiental deben ser estrechamente coordinados con la Dirección de Educación Ambiental de la Autoridad Nacional del Ambiente y del Ministerio de Educación ya que existe una ley en vigencia sobre la educación ambiental que se está ejecutando a cierto nivel por el Ministerio de Educación en las escuelas. Adicionalmente, existe mucho potencial entre las organizaciones no gubernamentales preocupadas por la protección del ambiente, con las que se puede coordinar para un trabajo conjunto de educación ambiental a la población.

5.2.1.13 Programa de seguimiento, vigilancia y control

El Programa de Seguimiento, Vigilancia y Control Ambiental tiene como objetivos los siguientes:

- asegurar el cumplimiento de todas las medidas especificadas en el Plan de Manejo Ambiental, en el tiempo estipulado.
- Verificar la eficacia de las medidas de mitigación recomendadas y aplicadas.
- Detectar impactos ambientales imprevistos que se presenten durante la construcción y operación.

El seguimiento, vigilancia y control ambiental es responsabilidad de la Autoridad Nacional del Ambiente, para lo cual dicha institución debe asignar un equipo de profesionales con experiencia en el área y además coordinar con otras instituciones directamente involucradas en el proyecto como lo son el IDAAN, el Ministerio de Salud, la Dirección de Aseo Urbano y Domiciliario, el Ministerio de Vivienda, la Autoridad Marítima Nacional y el Ministerio de Educación, de acuerdo a la competencia de cada una de estas instituciones en las acciones de mitigación de los impactos ambientales.

Para supervisar adecuadamente las acciones incluidas en el Plan de Manejo Ambiental se deben programar inspecciones periódicas al área de trabajo, preparando en cada una de estas inspecciones informes sobre el avance y la efectividad en la ejecución del Plan de Manejo Ambiental.

A continuación se presentan las medidas de vigilancia y control ambiental para cada uno de los programas del Plan de Manejo Ambiental.

Seguimiento, vigilancia y control de la erosión y sedimentación

La competencia de la vigilancia y control de este programa es de la Autoridad Nacional del Ambiente y del Ministerio de Obras Públicas. En este sentido, se debe dar seguimiento a la aplicación de las medidas de control de erosión tanto temporales como permanentes en los sitios especificados en los planos de construcción. En la medida de lo posible, se recomienda

la realización de las actividades de excavación durante la época seca para disminuir los impactos de la erosión. Sin embargo, si se tienen que realizar dichas actividades durante la época lluviosa, se deben realizar inspecciones más frecuentes de la aplicación de las medidas de mitigación.

En el caso de la revegetación o encespedado, se debe garantizar que el contratista se comprometa a mantener la grama por un período de tiempo no menor a tres meses hasta que ésta se haya establecido completamente, ya que la experiencia indica que el error más frecuente en el caso de control de erosión en Panamá es que se siembra la grama y no se le da el mantenimiento debido por lo que ésta se seca a las pocas semanas, no ofreciendo ningún beneficio sobre el control de la erosión.

Vigilancia, seguimiento y control del programa de rescate de fauna

Este programa es de competencia directa de la Autoridad Nacional del Ambiente. Esta institución, a través de las oficinas correspondientes, debe estar pendiente de la presentación del programa de rescate de fauna por parte del contratista, por lo menos un mes antes de iniciar la intervención, con el fin de que el rescate pueda llevarse a cabo una o dos semanas antes de iniciar el desmonte.

Vigilancia, seguimiento y control del desmonte y disposición de vegetación

El seguimiento de este programa también es responsabilidad de ANAM. El contratista debe tramitar con ANAM los permisos correspondientes para la tala, previa delimitación en campo de las áreas a ser afectadas y de los árboles que tienen que ser talados. El contratista también debe solicitar la aprobación de los sitios propuestos para la disposición de la vegetación cortada para evitar impactos sobre otras áreas.

Seguimiento y control de la revegetación

La Autoridad Nacional del Ambiente es la entidad responsable del seguimiento de la revegetación y arborización. Es importante que se considere la utilización de especies nativas para no producir impactos sobre los ecosistemas existentes y que el contratista cuente con personal calificado para lograr el éxito en el programa.

En este caso también se debe condicionar el pago al establecimiento de los plántones en campo de manera que estos no se sequen a las pocas semanas o meses.

Vigilancia, seguimiento y control del manejo de desechos sólidos y líquidos

En este programa tienen competencia directa el Ministerio de Salud y la Dirección de Aseo Urbano y Domiciliario del Municipio. Se debe llevar un estricto control del manejo de los desechos sólidos, líquidos y peligrosos generados tanto durante la construcción como durante la operación.

Es importante que los programas de capacitación a los trabajadores sobre el manejo de los desechos sólidos y peligrosos sean sometidos a la revisión y aprobación de la Sub-Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud, por lo menos un mes antes de ejecutarlos.

Vigilancia, seguimiento y control del ruido y contaminación del aire

El Ministerio de Salud y ANAM deben coordinar para el seguimiento de este programa, para lo cual pueden apoyarse en el Instituto Especializado de Análisis de la Universidad de Panamá, que es el ente encargado del programa de monitoreo de calidad de aire a nivel nacional. Se deben realizar inspecciones semanales o quincenales y exigir el mantenimiento preventivo de los vehículos para disminuir las fuentes de contaminación.

Vigilancia, seguimiento y control de la reubicación de viviendas

El seguimiento y control de este programa debe ser coordinado entre ANAM y el Ministerio de Vivienda. Se debe realizar una consulta oportuna con la población afectada, antes de iniciar los trabajos de construcción para evitar conflictos y retrasos durante la etapa de construcción.

Vigilancia, seguimiento y control del rescate arqueológico

El seguimiento, vigilancia y control de este programa es responsabilidad de la Dirección de Patrimonio Histórico del Instituto Nacional de Cultura. El contratista debe coordinar previamente con esta institución con el objeto de que se disponga del personal calificado necesario para supervisar las acciones de rescate arqueológico en caso de que se encuentren evidencias arqueológicas en el área.

Seguimiento, vigilancia y control de los programas de educación ambiental

La Dirección de Educación Ambiental de ANAM, conjuntamente con el Ministerio de Salud y el Ministerio de Educación deben coordinar para que los programas de educación ambiental dirigidos a los trabajadores cumplan con sus objetivos y para efectuar acciones para la educación del público en general en aspectos ambientales que garanticen la toma de conciencia y la participación comunitaria en el proyecto de saneamiento.

5.2.1.14 Programa de monitoreo de Calidad de las Aguas y de la Biota de la Bahía de Panamá

El monitoreo de la calidad de las aguas que reciben las descargas de aguas residuales es de fundamental importancia en el manejo de un sistema de disposición submarina, pues no sólo proporciona una información valiosa para constatar que el sistema en operación está suministrando una adecuada protección a la población, como permitirá el registro de datos de mucha utilidad para planificación de sistemas similares, expansión o modificaciones del propio sistema.

Un programa completo debe incluir análisis de las aguas residuales así como de las aguas receptoras y del fondo marino, alrededor de la descarga y en los lugares donde los usos del medio marino hacen necesario el control de la calidad, para seguridad de los mismos.

Los planes de monitoreo deben iniciarse durante un período anterior a la instalación de las unidades de disposición, que generalmente se especifica en un año antes de la descarga, para establecer una base de datos en las condiciones originales y se prolonga después de la construcción y puesta en operación, para determinar los cambios que pueden producirse en el medio marino.

Los análisis pueden incluir parámetros físicos, químicos o biológicos. Entre los primeros deben conocerse el flujo de la descarga, el contenido de sólidos, temperatura y transparencia de las aguas marinas. Los segundos engloban análisis de DBO, OD, nutrientes, grasas. Entre los biológicos, la concentración de coliformes, plancton, organismos bentónicos y la ictiofauna.

Debe establecerse una frecuencia, posición de la toma de muestras y tipo de análisis de las muestras para cada tipo de parámetro a ser estudiado. Indudablemente debe equilibrarse la necesidad de la obtención del máximo número de informaciones pertinentes, con la asignación de recursos y la capacidad de la estructura necesaria para llevar a cabo en forma permanente el programa. Por lo tanto los programas deben planificarse cuidadosamente para incluir solamente los análisis más importantes, relacionados con la protección de la salud pública y de los usos benéficos específicos de una zona particular.

Para verificar que el sistema de tratamiento y disposición está cumpliendo con los objetivos trazados, principalmente lo relacionado con la descontaminación de la orla, deben ubicarse estaciones a una cierta distancia media de la costa, para no sufrir influencias de posibles descargas que no corresponden a la descarga en estudio. Estas estaciones permiten verificar que la contaminación no está volviendo hacia la costa, como se pretende. En ellas deben verificarse los estándares para actividades de contacto primario, actividades recreativas y cosecha de mariscos, si es el caso.

Estaciones más cercanas a la costa suministrarían datos adicionales de las posibles influencias de la descarga en el emisario submarino como también de otras fuentes de contaminación provenientes de tierra (escorrentía, lanzamiento de basura).

Otro grupo de estaciones de monitoreo se acostumbra colocar a una distancia relativamente pequeña de la descarga, en el límite de la zona de mezcla, que permite verificar la dilución inicial.

El objetivo principal es proponer un plan de muestreo para el monitoreo de las alteraciones ambientales, como consecuencia de la implantación y operación del emisario submarino para descargar las aguas residuales urbanas del área 3 de la ciudad de Panamá, bien como por las descargas del agua residual tratada en la Planta de Tratamiento TR-2 a través del tramo final del río Juan Díaz, que llegan a la desembocadura del mencionado río.

De un modo general, se esperan alteraciones en la masa de agua, tanto en las condiciones físicas y químicas, como en el nivel de las comunidades planctónicas. Lo mismo deberá ocurrir con relación a la comunidad bentónica y con las características del sedimento de fondo. Estas alteraciones se esperan tanto en la región inter-mareal, cuanto en el área de influencia de la pluma del emisario.

De esta manera, la implementación de un programa de monitoreo en toda la región de la bahía de Panamá es de fundamental importancia, tanto en el período previo al inicio de las obras de construcción cuanto después del inicio de la operación del emisario. Cabe destacar que cuanto antes se de inicio a la toma de muestras, mayor cantidad de informaciones sobre las condiciones ambientales previas se obtendrán, lo que contribuirá a substanciar sobremanera la evaluación de las alteraciones que ocurran después del inicio del funcionamiento y dará subsidios para el adecuado manejo costero.

Los objetivos de este plan de monitoreo son:

- Caracterizar previamente las condiciones del ambiente marino en la bahía de Panamá.
- Monitorear las alteraciones por causa de la implantación del emprendimiento.
- Monitorear las alteraciones causadas por la operación del sistema.

5.2.1.15 Monitoreo de la Calidad del Agua de la bahía de Panamá

- Estaciones de recolección:

Seis (6) perfiles perpendiculares a la costa, distribuidos desde la región de la desembocadura de río Venado, hasta la del río Tocumen, cada perfil con dos (2) estaciones de recolección, totalizando 12 estaciones de muestreo. Las muestras en cada una de las estaciones deberán obtenerse por lo menos en dos profundidades, en la superficie y en el fondo en las estaciones más cercanas a la costa y más rasas (hasta aproximadamente 5 metros de profundidad) y en la superficie, a media profundidad y en el fondo en las estaciones más profundas.

- Frecuencia de muestreo:

Deberán recolectarse en cada estación del año en las mareas alta y baja, tanto en mareas vivas (sicigia) como en mareas muertas (cuadratura), en por lo menos seis (6) meses antes del inicio de las obras y un año antes del inicio de la operación del emisario. Teóricamente, todos los puntos deberían ser muestreados en la misma condición de marea, pero, este procedimiento es casi imposible, por lo tanto, una estrategia que deberá utilizarse será la realización de tres (3) perfiles (6 estaciones) en un día y los demás al día siguiente, utilizando una lancha con buena velocidad, de forma que el tiempo de recolección sea de 3 horas como máximo, 1h30m antes y después del pico de marea (alta o baja).

En esta forma, los días de recolección en las estaciones distribuidas en los 6 perfiles serían un día antes del pico de sicigia y cuadratura y un día después, en el día de pico. Se sugiere que se efectúe una recolección de 24 horas en un punto fijo, próximo al punto de descarga del emisario. En este punto deberán recogerse muestras en la superficie, a media altura de agua y en el fondo en el horario de pico de marea alta y de marea baja y en las dos situaciones de marea creciendo o bajando, tanto en sicigia cuanto en cuadratura, en cada estación del año.

- Parámetros sugeridos.
 - temperatura,
 - salinidad,
 - nitritos,
 - nitratos,
 - nitrógeno total,
 - fosfatos,
 - fósforo total,
 - clorofila a
 - feofitina

- OD,
- DBO,
- coliforme total,
- coliforme fecal,
- sólidos suspendidos y disueltos.

Monitoreo De Plancton

En todas las estaciones y profundidades deberán ser colectadas muestras de agua para análisis de la comunidad fitoplanctónica, y en el desplazamiento entre los 2 puntos de cada perfil, un arrastre con red de zooplancton, con malla de 100 μm con un fluxómetro acoplado a la boca de la red, de forma que se pueda obtener el volumen de agua filtrado. Los arrastres con red de zooplancton se efectuarán sólo en la superficie.

Monitoreo De Bentos

En todas las 12 estaciones deberán colectarse como mínimo 3 muestras de sedimento para análisis de la microfauna bentónica. Aunque se sugiere utilizar el número de 5 muestras por punto. Una muestra adicional, en cada punto, debe colectarse para análisis de carbono, fósforo y nitrógeno orgánico en el sedimento, bien como las distribuciones granulométricas. Deberán realizarse muestreos en las doce (12) estaciones una vez para cada estación del año.

Las muestras de sedimento deberán ser recolectadas con la utilización de un busca fondo (Van Veen, Petersen o cualquier otro tipo que se adecue a las condiciones del fondo) de forma que se obtengan muestras cuantitativas, una vez que después del inicio de la operación del emisario, será imposible tomar muestras por medio de zambullida autónoma en el punto de descarga. Siendo así, para normalizar las muestras, estas deberán efectuarse desde el inicio del monitoreo, por medio del mismo aparato de toma.

Análisis de los Resultados

Las muestras biológicas deberán ser analizadas al menor nivel taxonómico posible. Cuando no sea posible la identificación al nivel de especies, los organismos deberán identificarse por tipos. Los resultados de este análisis deberán suministrarse en número de individuos por especie/tipo por muestra.

Producto Final

Deberán ser elaborados informes de cada campaña, en los cuales deberán emplearse técnicas de análisis multivariadas, que permitan la interpretación de las relaciones entre las variables bióticas y ambientales (abióticas) tanto para la comunidad planctónica como para la bentónica, así como el empleo de índices biológicos (diversidad y equitabilidad), utilizados en la evaluación del estado estructural de la comunidad.

Los informes deberán presentar aspectos conclusivos acerca de las alteraciones ocurridas o propuestas de modificaciones en las estrategias muestrales en caso de que los resultados no

permitan conclusiones. Para esto, el monitoreo deberá realizarse con un equipo de 3 especialistas como mínimo, uno en calidad de agua, otro en plancton y un tercero en bentos.

Total de Muestras por Campaña

- Agua
 - 12 estaciones, siendo 6 en 2 profundidades y 6 en 3 profundidades en marea de sicigia y de cuadratura = 60 muestras
 - 1 estación en el punto de descarga en 3 profundidades con muestras de 6 en 6 horas aproximadamente en marea de sicigia y en cuadratura = 24 muestras
- Fitoplancton
 - 12 estaciones, siendo 6 en 2 profundidades y 6 en 3 profundidades en marea de sicigia y de cuadratura = 60 muestras
 - 1 estación en el punto de descarga en 3 profundidades con muestras de 6 en 6 horas aproximadamente en marea de sicigia y en cuadratura = 24 muestras
- Zooplancton
 - 6 arrastres en marea alta y 6 en baja de sicigia y de cuadratura = 24 muestras
- Bentos
 - 12 estaciones con 3 muestras por estación = 36 muestras como mínimo
- Sedimento
 - 12 estaciones con 3 muestras por estación = 36 muestras como mínimo

La ubicación de las estaciones de muestreo se muestran en la Figura 5.2.

Figura 5.2 – Programa de Muestreo – Puntos de Muestreo

5.2.1.16 Programa de monitoreo de la calidad de agua de los ríos

Con el fin de contar con una base de datos más completa sobre las condiciones de calidad de agua de los 9 ríos que se encuentran en el área de estudio y sus afluentes se recomienda realizar un programa de monitoreo de la calidad del agua por lo menos un año antes de iniciar las actividades de construcción. Con este plan de monitoreo se pretende caracterizar las condiciones de calidad de agua antes de la implementación del plan maestro, monitorear las condiciones una vez se pongan en funcionamiento las plantas de tratamiento de las aguas residuales, verificar la eficiencia de funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales y documentar la recuperación de los cuerpos de agua de manera que se puedan establecer diversos usos de acuerdo al nivel de calidad que se vaya alcanzando.

Estaciones de recolección de muestras para análisis de calidad de agua

Se debe establecer por lo menos una estación de monitoreo de calidad de agua en cada uno de los afluentes principales de los ríos Tocumen, Juan Díaz, Tapia, Matías Hernández, Río Abajo, Matasnillo, Curundú, Venado y río Farfán, una estación de monitoreo aguas arriba de la descarga de los efluentes provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales y una estación de monitoreo aguas abajo de la descarga. Además, es necesario realizar un monitoreo del efluente tratado antes de ser descargado a los ríos, lo que debe estar incluido en el Manual de Operación de cada una de las plantas de tratamiento y cuya calidad debe cumplir con las normas de aguas residuales vigentes en Panamá.

Frecuencia de muestreo

En los ríos y sus afluentes se debe recolectar por lo menos dos muestras en la estación seca y tres muestras en la estación lluviosa distribuidas uniformemente a lo largo de cada estación. En las plantas de tratamiento el monitoreo debe ser más continuo y debe obedecer a las normas y regulaciones establecidas por la Autoridad Competente que deben ser incluidas en las normas para el control de efluentes de aguas residuales que se encuentran en proceso de aprobación.

Parámetros sugeridos

Como mínimo se deben incluir los siguientes parámetros para tener un perfil de la calidad físico-química y biológica de los ríos y sus afluentes:

- temperatura
- pH
- oxígeno disuelto
- demanda bioquímica de oxígeno
- sólidos suspendidos y disueltos
- coliformes totales
- coliformes fecales

5.3 Costos y beneficios ambientales asociados con la calidad de las aguas costeras

5.3.1 Introducción

El Plan Maestro para el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá tiene cuatro beneficios fundamentales: ahorros para el público, beneficios relacionados con la disponibilidad a pagar, beneficios ambientales y beneficios para la salud de la población. Debido a esto, el análisis que se presenta aquí utiliza estimados cualitativos del tipo de beneficios esperados.

El principal problema relacionado con el análisis de costos y beneficios ambientales ha sido el intento de cuantificar los beneficios. El “standard” de costo –beneficio impuso un marco económico sobre la calidad ambiental y su protección que no era adecuado para un suministro tradicional y análisis de demanda debido a tres características especiales de los problemas ambientales. En primer lugar, muchos aspectos de calidad ambiental han sido reconocidos como bienes públicos, lo cual no se ajusta a la evaluación tradicional de precio de mercado basada en intereses privados. Como un corolario a esto, la protección ambiental se requiere principalmente para evitar pérdidas y prevenir daños, más que como maximización de utilidades a través de la compra de beneficios tangibles. El aspecto de “daño evitado” es protección ambiental sugiere una metodología de evaluación de aversión al riesgo, similar a la compra de seguro para una casa o auto, en lugar de beneficios tangibles.

En segundo lugar, la protección ambiental con frecuencia es deseable por razones que no pueden ser cuantificadas: sociales, espirituales y psicológicas, valores que, por su naturaleza, no se pueden expresar en términos monetarios. En lugar de escoger un punto de vista de que algunas cosas no tienen precio, el análisis de costo-beneficio intenta poner un precio a todos los valores, incluyendo valores problemáticos en una base monetaria simplemente mediante la percepción del público sobre su “disponibilidad a pagar” por los aspectos intrínsecos de protección ambiental.

Tercero, la protección ambiental pretende consecuencias severas a largo plazo para la salud y bienestar de las generaciones futuras, las cuales no pueden hablar por sí mismas en el contexto de análisis de costo-beneficio. El análisis de costo-beneficio toma en cuenta todos los derechos de propiedad para las presentes generaciones. Por definición, elige políticas o proyectos que tienen el mayor valor presente, tratando la preservación de la calidad ambiental y los servicios para las futuras generaciones como un problema de inversión temporal, comparando las ganancias económicas de hoy con la calidad ambiental de mañana.

5.3.2 La compra de beneficios

5.3.2.1 *Aversión al riesgo, sostenibilidad y como evitar la irreversibilidad*

Los proyectos de mejoramiento de la calidad ambiental tales como el propuesto aquí, “compran” tres componentes principales: 1) cómo evitar el riesgo de daño (seguro para evitar el riesgo), 2) sostenibilidad económica y ambiental y 3) cómo evitar la irreversibilidad ambiental (por ejemplo, la pérdida de área de manglares o ecosistemas frágiles).

5.3.2.2 *Evitando el riesgo*

La necesidad de comprar un seguro de vivienda o de vida es raramente cuestionado, pero en el caso de seguro de vivienda, por ejemplo, se puede estimar razonablemente el valor o valor esperado de la vivienda. El seguro de vida es comprado frecuentemente para cubrir el costo de una casa para los miembros de la familia luego de la muerte del asegurado. Los beneficios para el público derivados de la implementación de proyectos ambientales incluyen:

- Recuperación de áreas de recreación de contacto primario en las áreas costeras de la bahía de Panamá (solamente un 2% de las personas entrevistadas nadan en la actualidad en las zonas costeras del área de influencia del proyecto).
- Recuperación del potencial recreativo en las áreas costeras de la bahía de Panamá (25% de los entrevistados caminan con fines recreativos en las áreas costeras y 13% y 23% respectivamente, en dos comunidades diferentes, se quejan de los malos olores existentes en el área costera en la actualidad).
- Mejoramiento de las condiciones de mantenimiento de la pesca en la bahía de Panamá.
- Reducción de la incidencia de desórdenes gastrointestinales y otras enfermedades debidas a la exposición a fuentes de agua contaminadas en las áreas costeras (96% de los entrevistados están conscientes de que la exposición a aguas residuales sin tratamiento puede causar enfermedades y la tasa de incidencia de las enfermedades de origen hídrico se presenta oportunamente en este Estudio de Impacto Ambiental).
- Vidas salvadas debido a la reducción en la tasa de incidencia de enfermedades de origen hídrico (es probable que al menos algunas de las incidencias resulten en muertes, aunque no existen datos disponibles para establecer la relación directa.)
- Disminución de la deforestación en el caso de la porción de emisario submarino.
- Valores estéticos que incluyen la reducción de malos olores cerca de las áreas costeras. Además de las quejas por los malos olores, el 57% de las personas entrevistadas expresaron insatisfacción por las condiciones ambientales en el área; casi 30% sienten que la apariencia y el color agradable son aspectos estéticos importantes.
- Valores intrínsecos que incluyen el mejoramiento de la apreciación por los turistas.
- Mejoramiento de la calidad de los sedimentos cerca de la desembocadura de los ríos debido a la remoción de las descargas contaminantes de los ríos. La calidad de los sedimentos afecta la calidad de la pesca cerca a la costa, la cadena alimentaria en el área estuarina y las condiciones de olores.
- Mejoramiento significativo de la calidad del agua de los ríos y de la bahía.

Aproximadamente el 65% de las personas entrevistadas expresaron alguna disponibilidad a pagar por el mejoramiento de las condiciones ambientales, aunque a bajos niveles. En relación con algunos de los factores mencionados arriba, las características deseadas de la bahía de acuerdo con los residentes del área de la bahía son las siguientes (note las relaciones con los factores mencionados arriba).

Cuadro N° 5.8 – Características de la bahía deseadas por la población

Factor	Porcentaje de Respuesta
Ausencia de olores desagradables	29%
Apariencia y color placenteros	28%
Posibilidad de nadar sin riesgo de enfermedades	19%
Posibilidad de practicar deportes acuáticos sin problemas	12%
Peces no contaminados	12%
Total	100%

Más del 50% de los entrevistados que viven cerca de la bahía reportaron problemas de olores desagradables (33%), apariencia desagradable y otros aspectos en las playas (3%), apariencia desagradable del agua (2%), plagas (13%) y otros problemas (2%). En resumen, 93% de los entrevistados están insatisfechos con las condiciones ambientales actuales de la bahía de Panamá. Dados los resultados de las encuestas, los cuales muestran una considerable sensibilidad a las condiciones ambientales en el área, 86% no tienen entrenamiento formal o no han asistido a seminarios o conferencias relacionados con la calidad ambiental.

Qué valores monetarios se le pueden asignar a cada uno de estos factores de calidad ambiental? La respuesta se vuelve aún más complicada cuando se consideran las futuras generaciones.

5.3.2.3 *Sostenibilidad y Protección contra la Irreversibilidad Ambiental*

Las tres características salientes de la protección ambiental la hacen inadecuada para una evaluación directa basada en el valor monetario, donde las condiciones ambientales son vistas primariamente a través del lente del consumidor o inversionista. En lugar de ver los servicios que prestan los ecosistemas como sistemas que soportan la vida, el paradigma de costo-beneficio reconoce las políticas ambientales primariamente por su medida de beneficios orientados al consumo (por ejemplo, las oportunidades de recreación), donde la evaluación está basada en estas preferencias del consumidor (por ejemplo, el deseo de pagar por la visibilidad), más que la creencia de los ciudadanos y donde las futuras generaciones no tienen forma de opinar. La creencia de los ciudadanos puede ser tomada en consideración tal como lo muestran los resultados de las encuestas y entrevistas.

Relación de los resultados de la encuesta con la “disponibilidad o deseo de pagar”

La teoría del bien público, desarrollada desde los días de Adam Smith, reconocía el bien público como aquellas características de la sociedad que deben ser provistas por el gobierno debido a que la demanda generada en el sector privado no sería suficiente para generar los recursos. Smith y otros reconocían el problema del “free rider”, por ejemplo, el hecho de que los individuos actuando en su propio interés no tendrán suficiente incentivo para pagar la parte que les corresponde para proveer el bien público debido a la desconexión entre su contribución y el disfrute del bien. Ninguna persona pagará por una escuela pública o por la defensa nacional, pero, una vez disponible, estos bienes son disfrutados por todos. Las escuelas o la defensa nacional no pueden ser divididas para consumo o propiedad individual y nadie puede ser excluido de sus beneficios. De esta forma, las fuerzas de oferta y demanda que trabajan tan bien en el sector privado no funcionan en el caso de bienes públicos. Adam Smith reconoció la necesidad de la intervención del gobierno en un número de áreas selectas denominadas “bienes públicos”: establecimiento del sistema de justicia, carreteras, cumplimiento de la ley, defensa nacional, educación y otros. Aunque la calidad ambiental ha sido considerada siempre como un bien público, no fue hasta muy recientemente que esta ha sido elevada al nivel de requerir respuestas significativas del gobierno y del público.

Aquellos que pagan ahora puede que disfruten o no de alguno o todos los beneficios discutidos en esta sección. De esta forma, existe el conocimiento de que los beneficios se pueden obtener a largo plazo. Por tal razón, los ciudadanos pueden expresar un bajo nivel de disponibilidad a pagar por tales beneficios. El deseo o disponibilidad a pagar por la parte privada o la disponibilidad de sacrificarse por un bien público es disminuida fuertemente por la falta de correlación entre su pago (o sacrificio) y los beneficios que la persona recibe. Los beneficios de alcanzar una significativa mejora en los factores ambientales arriba mencionados es incalculable para la futuras generaciones.

5.3.2.4 *Sostenibilidad e Irreversibilidad*

El valor que las personas asignan a perder algo que ya poseían excede el valor monetario que ellos asignan a la ganancia potencial (disponibilidad a pagar) por un factor de 3 a 10. En pocas palabras, el evitar pérdidas conlleva un mayor precio que alcanzar ganancias. Es prudente considerar la implementación de proyectos ambientales en términos de proveer un seguro contra pérdidas, particularmente pérdidas irreversibles. La determinación de cuáles pérdidas de calidad ambiental deben ser consideradas es muy difícil. La asunción de que las pérdidas para las cuales tenemos poca información o para los cuales no tenemos confirmación, son irreversibles, es una asunción prudente con el objeto de mantener la sostenibilidad. Los países del mundo reunidos en Tokio en diciembre de 1997, acordaron una estrategia difícil y costosa para controlar el dióxido de carbono, uno de los gases que produce el efecto de invernadero. Aún cuando las fuentes energéticas e industriales que descargan CO₂ a la atmósfera son mucho menores que otras fuentes, se obtuvo un acuerdo sobre el control de las fuentes energéticas e industriales que son fuentes de CO₂.

Utilizando el concepto de seguro de aversión al riesgo, la protección ambiental es tratada por lo que es: protección contra daño adicional, pérdida, catástrofes potenciales o protección contra irreversibilidades que limitan las posibilidades de acciones futuras. La pérdida del manglar en Juan Díaz es probablemente irreversible porque no hemos duplicado exitosamente tales recursos sobre una base realizada por el ser humano. Así, hasta que

tengamos la capacidad y los medios para duplicar los manglares y la biota que éstos soportan, consideramos en forma prudente que la posible pérdida es irreversible.

Similarmente, tenemos muy pobres récords sobre el mantenimiento de los recursos pesqueros en el ambiente natural. Hemos establecidos estanques de producción de peces en un forma activa, pero este paso puede afectar las especies naturales en una forma adversa.

Por ejemplo, se consideró inimaginable que el Lago Erie se volviera eutrófico debido a las descargas de aguas residuales. Ahora se sabe que la eutroficación del lago era reversible, pero la solución fue descubierta luego de un gasto considerable de recursos para el tratamiento avanzado de las descargas que van al lago. Se puede considerar inimaginable ahora que la bahía de Panamá se vuelva eutrófica en un futuro a mediano plazo.

5.3.3 Beneficios específicos

Los contaminantes de muchas fuentes están dañando la biota, incluyendo los recursos pesqueros en muchas áreas de la bahía de Panamá, donde existen descargas de aguas residuales sin tratamiento. La reducción de la contaminación proveniente de la descarga de aguas residuales, puede reducir significativamente las fuentes de contaminación.

Los beneficios durante la fase operacional incluyen:

- Reducción del riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en el área de estudio.
- Mejoramiento de la calidad de las aguas costeras (principalmente la calidad bacteriológica y de nutrientes) debido a una disminución de la descarga de efluentes.
- Disminución del deterioro de la biota costera, playas más limpias y mejor calidad de agua costera que pudiera ser apta para actividades recreativas.
- Mejoramiento de los recursos pesqueros.

5.3.4 Impactos Negativos

Los impactos adversos del proyecto propuesto están principalmente relacionados con la fase de construcción que es relativamente corta comparada con la fase de operación e incluyen:

- Disminución local de la calidad del agua debido al polvo generado durante la construcción y a las emisiones de monóxido de carbono provenientes de los vehículos utilizados durante la fase de construcción.
- Incremento local del ruido y el tráfico debido a las actividades de construcción.
- Perturbación terrestre y acuática en las áreas de construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Aumento local de la turbidez en ríos y la bahía en las áreas de construcción de las plantas de tratamiento y del emisario.

Los impactos negativos durante la fase operacional incluyen:

- Malos olores y ruido en las instalaciones de tratamiento y bombeo.

- Posible disminución de la calidad del aire en las áreas de las plantas de tratamiento.
- Perturbación de la calidad del agua en la bahía alrededor de los puntos de descarga.
- Ruido localizado en la vecindad de las plantas de tratamiento.

5.3.5 Medidas de Protección y Mitigación

Las medidas de mitigación y protección ambiental para minimizar los impactos ambientales del proyecto propuesto incluyen las siguientes:

- Se deben utilizar medidas de mitigación de rutina durante la fase de construcción de las colectoras y plantas de tratamiento y del emisario submarino, incluyendo medidas de control de erosión, el uso de tecnología que no requiere excavación en las áreas aceptables desde el punto de vista de ingeniería.
- Varias de las plantas de tratamiento propuestas incluyen el manejo de lodos con tecnología de centrifugación. El uso de esta tecnología consistentemente durante la fase operacional reducirá los volúmenes de lodos y los costos asociados con la disposición final en el relleno sanitario. Los olores provenientes del manejo de los lodos también serán reducidos.
- Basado en la experiencia en sistemas en operación que incluyen múltiples plantas de tratamiento de aguas residuales, es crítico que se establezca lo siguiente durante la fase de operación:
 - Un inventario continuo de las piezas del sistema es crítico para mantener la operación ininterrumpida de las plantas de tratamiento. La mayoría de la tecnología es común a la mayoría de las plantas de tratamiento propuestas y esto con el fin de poder mantener un inventario común e intercambio entre plantas de tratamiento.
 - Descripción o desglose de las funciones para cada uno de los empleados del sistema, incluyendo los empleados encargados de la operación y mantenimiento de la red de colectoras, las plantas de tratamiento de aguas residuales y de las estructuras del emisario submarino para facilitar la operación eficiente del sistema.
 - Se debe ejecutar regularmente programas de entrenamiento para todos los empleados o se deben hacer arreglos para que éstos sean capacitados externamente. Un error común es proporcionar entrenamiento al inicio de la operación, después que se han concluido las actividades de construcción pero sin entrenamiento para los nuevos empleados que se integran posteriormente al sistema. Los programas de entrenamiento deben ser presupuestados y ejecutados cada año.
- Las especificaciones del contrato de construcción deben delinear el procedimiento que debe seguirse en el evento de que se encuentren recursos culturales o arqueológicos durante la construcción y que no se tenía previsto encontrar en el área.
- Los programas de monitoreo de calidad de agua se deben considerar como parte de las medidas de mitigación a ser aplicadas durante la etapa de operación. Un error común consiste en realizar mediciones solamente cuando es requerido por las autoridades competentes. Debido a la naturaleza ecológica especial de la Bahía de Panamá, los programas de monitoreo deben ser desarrollados e implementados en forma continua para determinar la calidad del influente y del efluente de las plantas de tratamiento, la calidad de agua de los ríos aguas arriba y aguas abajo de la descarga de los efluentes

tratados y a lo largo de la línea costera de la Bahía de Panamá. Otro error común es abandonar los programas de monitoreo una vez que escasea los recursos económicos. Un historial de calidad ambiental continuo y consistente será una buena herramienta para el análisis de riesgo, la sostenibilidad de los recursos y un registro de las mejoras o deterioro, información que puede ser utilizada para rediseñar mejoras futuras a los sistemas o evitar pérdidas irreversibles de recursos ambientales.

5.3.6 Índices de Impacto Ambiental

5.3.6.1 *El Índice de Aversión al Riesgo (Una medida del impacto positivo)*

Basado en la discusión anterior, la aversión al riesgo es alcanzada como parte de un proyecto que reduce la probabilidad de daño a través de la incidencia de enfermedades de origen hídrico, mejorando la calidad del agua, protegiendo la biota y o proporcionando mantenimiento de los recursos pesqueros, reduciendo los impactos negativos sobre el turismo y una variedad de otros factores. Un alto valor del índice de aversión al riesgo indica la compra de un alto grado de seguro de protección contra la posibilidad de daño a la salud humana o al ambiente, un propósito establecido en la Ley No.41 del 1º de julio de 1998 y su reglamentación. El índice de aversión al riesgo tiene un rango de +1 a +3. Los tres puntos del rango pueden ser interpretados como positivo, cero y negativo indicando un impacto positivo, no impacto o impacto negativo. Un valor positivo de +1 es interpretado como un aspecto positivo del proyecto que compra un seguro pequeño. Cada componente del proyecto es evaluado separadamente y luego se determina el valor total. En el caso del proyecto en estudio aquí, para la alternativa 5 existen 9 segmentos individuales del proyecto como se muestran en el Cuadro N° 5.9, para las áreas 1, 2, 3, 5, 8, 9, 10 (dos segmentos) y 11. De esta forma, es posible obtener un total de $3 \times 9 = 27$ puntos. El valor dado a este proyecto y los segmentos de la alternativa 5 es de 17 de un total de 27 puntos, una razón del índice de aversión al riesgo (RAI=Risk Aversion Index) de $17/27 = 0.63$ de una razón total del índice de 1.0. Esto quiere decir que el proyecto tiene una probabilidad mayor al 50% de proporcionar una protección razonable a la salud y al ambiente.

La valoración del RAI de 2 es derivada de la base de que se proporciona tratamiento para los segmentos mostrados. Para el caso sin tratamiento (area 3) el RAI=1 (muy poco seguro). Además, la modelación de calidad de agua de la bahía para el año 2020 resulta en un beneficio cuestionable de aversión al riesgo, y este valor disminuye el valor total del RAI para el proyecto como un todo. Se dan detalles adicionales en el pie de página del Cuadro N°. 5.9.

Un RAI de 3, para un segmento del proyecto, sería derivado de la aplicación de un alto grado de tratamiento incluyendo remoción de nutrientes, alto grado de remoción de DBO y sólidos suspendidos, cierto control de los sólidos disueltos y/o reutilización del efluente. En el caso de reutilización de efluentes con alto grado de tratamiento, aun los aspectos de cantidad del recurso agua son al menos parcialmente asegurados. En el caso de la reutilización de agua, un valor total de la inversión en tratamiento puede ser aplicado a ese segmento del proyecto. Un valor de 3 para todos los segmentos del proyecto proporciona un índice RAI=1, es decir, una alta probabilidad de un alto grado de aversión al riesgo¹. La reutilización del agua y/o

¹ Una probabilidad igual a 1.0 (certidumbre) estadísticamente no está definida, pero por simplicidad el valor máximo de RAI=1 puede ser interpretado como un alto grado de protección. Ningún proyecto proveerá una

eliminación de un efluente altamente tratado es requerida para obtener una protección total de la calidad del cuerpo receptor. Se puede comprar un alto grado de protección sin la reutilización del agua o la descarga del efluente cuando los efectos de calidad aguas abajo no son considerados críticos, por ejemplo, en el caso de la descarga de un efluente tratado al océano².

Se debe notar que un valor RAI=3 no sería posible para cualquier segmento del proyecto que está diseñado para cumplir con los requerimientos de calidad del efluente vigentes en Panamá. Esto es debido a que los requerimientos del efluente son 35/35, es decir, un valor máximo de DBO= 35 mg/l y sólidos suspendidos = 35 mg/l. Alcanzar la calidad del efluente de 15/15,3, por ejemplo, en el caso del río Potomac en los Estados Unidos, puede recibir un índice RAI=3, dependiendo de otros factores.

certidumbre de aversión al riesgo exitoso. En su lugar, el término riesgo siempre implica algún grado de incertidumbre.

² La descarga de agua de desecho altamente tratada a las profundidades del océano puede resultar en efectos adversos en el ecosistema que no podemos predecir al momento de la ejecución del proyecto. Sin embargo, la compra de protección a largo plazo puede estar más allá de la capacidad de pago corriente, y probablemente es así en la mayoría de los casos.

³ Un efluente 15/15 para un sistema grande como el de Washington DC, representa un alto grado de tratamiento, manteniendo la calidad del efluente consistentemente en valores inferiores a 15/15, significa que la mayor parte del tiempo el sistema se está desarrollando con valores menores a 15/15. La clasificación RAI=3 puede darse si el reuso no fue considerado crítico para mantener un alto grado de protección de la salud humana y el ambiente en el estuario aguas abajo del río Potomac (que posiblemente sería el caso).

Cuadro N° 5.9 – Indices para la Alternativa 5A

Area	Planta	Proceso de Tratamiento	Indice de Aversión al Riesgo (RAI) ⁴	Indice de Sostenibilidad (SI) ⁵	Indice de Irreversibilidad (II) ⁶	Totales / Maximo
1	TR-1	Pre-Trat + RAFA + Laguna Facultiva + Centrifuga	2 ⁷	3 ⁸	-1 ⁹	4/6
2	TR-2	Pre-Trat + RAFA + Laguna Facultiva + Centrifuga	2 ⁴	3 ⁵	-1	4/6
3	TR-3	Pre-Trat + Tamices + Emissario Submarino	1 ¹⁰	1 ¹¹	-2	0/6
5	TR-5	Pre-Trat + RAFA + Laguna Facultiva + Centrifuga	2 ⁴	3 ⁵	-1	4/6
8	TR-8	Pre-Trat + RAFA + Laguna Facultiva + Centrifuga	2 ⁴	3 ⁵	-1	4/6
9	TR-9	Pre-Trat + RAFA + Laguna Facultiva + Centrifuga	2 ⁴	3 ⁵	-1	4/6
10	TR-10A	Pre-Trat + Lodos Ativados – Sin Decantacion Primaria	2 ⁴	2 ¹²	-2	2/6
10	TR-10B	Pre-Trat + RAFA + Laguna Facultiva + Centrifuga	2 ⁴	3 ⁵	-1	4/6
11	TR-11	Pre-Trat + RAFA + Laguna Facultiva + Centrifuga	2 ¹³	3 ⁵	-1	4/6
Total			17/27	24/27	-11/0	30/54

5.3.6.2 Índice de Sostenibilidad (una medida de impactos positivos)

Como se muestra en el Cuadro No. 5.9, es posible tener un SI = 3 sin tener un correspondiente valor máximo RAI = 3. La sostenibilidad mide el grado de calidad ambiental y la protección a la salud que debe ser asignada al proyecto. El SI es una medida del grado de seguridad de que el proyecto está suministrando el potencial de mantener la calidad, en este caso la calidad del agua de las corrientes aguas abajo y de la bahía será mejor que ahora. Así, todos los segmentos de este proyecto serán calificados con un SI=3, excepto para las áreas 3 y 10 (TR-10A). El área 3 es calificada con un valor bajo de SI debido a que la

⁴ Rango del RAI de 1 a 3, siendo 3 alto grado de aversión.

⁵ Rango del SI de 1 a 3, siendo 3 alto grado de sostenibilidad

⁶ Rango del II de 0 a 3, siendo 3 alto grado de irreversibilidad

⁷ Descarga de la planta de tratamiento expone al efluente la biota del tramo bajo del río o canal y la costa

⁸ La recolección y tratamiento dan como resultado una sostenibilidad futura de recursos

⁹ Sólo un tratamiento completo y re-uso constituyen algún grado de irreversibilidad

¹⁰ El resultado es mejor que antes, pero las predicciones del modelo muestra futuros problemas potenciales

¹¹ Tratamiento incompleto provee pequeña seguridad de sostenibilidad

¹² Parece haber un grado de tratamiento disminuido

¹³ Descarga de planta de tratamiento expone la biota próxima a la costa al efluente

modelación indica un alto grado de incertidumbre en suministrar una mejor calidad de agua en la zona de influencia de la descarga en la Bahía de Panamá. El sistema TR-10A en el área 10 está calificado con un $SI=2$ debido a que el grado de incertidumbre de mantener consistente la calidad del efluente de una planta de tratamiento de lodos activados sin sedimentación primaria es más alto que para una planta con sedimentación primaria.

El proyecto de saneamiento de la ciudad y bahía de Panamá tiene una clasificación alta en términos de SI (Ver Cuadro N° 5.9). La razón del índice de sostenibilidad para el proyecto global es de 24/27 o 0.89 de un máximo posible de 1.0. Esto indica que la implementación del proyecto, como está presentado, tiene una probabilidad alta de comprar un alto grado de sostenibilidad.

5.3.6.3 *Índice de Irreversibilidad (Una medida de impactos negativos)*

Los aspectos de irreversibilidad de los impactos ecológicos y a la salud son pobremente conocidos desde el punto de vista científico y técnico. Así, el grado de incertidumbre es más alto tomando en cuenta las condiciones de irreversibilidad. El colorado es que comprar protección contra la irreversibilidad es más costoso y más difícil de alcanzar por aplicación de la tecnología corriente. Tenemos el sentido de que, una vez perdidas, la rehabilitación de las condiciones ecológicas de los manglares de Juan Díaz o las configuraciones de los arrecifes de coral no será posible. Puede existir la posibilidad de rehabilitar tales configuraciones una vez perdidas, pero no hemos sido exitosos en lograr esto hasta el momento. La pérdida de tales fuentes acarrea graves consecuencias, incluyendo la pérdida de protección costera, pérdida de vida marina e interferencia significativa de la cadena alimentaria de los organismos existentes.

En el Cuadro N° 5.9, los valores II son desarrollados más conservadoramente para este proyecto (menor que tratamiento completo o reuso) que para un proyecto que posee las características de tratamiento completo. Ya que las causas y la naturaleza de la irreversibilidad ecológica y la irreversibilidad de la salud (muerte por efecto relacionado) son de alta incertidumbre, la protección completa sólo es comprada con la aplicación de un concepto de “no perturbación”. El concepto de “no perturbación” implica la eliminación de la interacción humana con el ambiente, y al aplicación del nivel más alto de tecnología en el contexto de esos casos donde la intervención humana es inevitable. La interacción humana con el ambiente se espera que continúe dentro y alrededor de la bahía de Panamá. La muerte es inevitable en cualquier hogar, pero es aparentemente retrasada reduciendo los efectos negativos a la salud. Nuevamente, comprar certidumbre de irreversibilidad no es posible.

El II varía de 0 a 3. El mejor caso es $II = 0/0 = 1.0$, como en el caso de otros índices, RAI y SI. Sin embargo, en el caso de II, cualquier cosa menor que un valor $II=1.0$ es altamente inaceptable (representa cualquier valor dividido por cero, matemáticamente infinito). Referirse al Cuadro N° 5.9. Los valores del II tienen el efecto de substraer de la clasificación total del proyecto, reflejando un alto grado de incertidumbre y los aspectos negativos del proyecto.

Clasificación del Impacto Global del Proyecto

De esta forma, lo siguiente es derivado (ver Cuadro N° 5.9) para el proyecto global de saneamiento de la ciudad y Bahía de Panamá, como se presenta la clasificación de impactos.

$$\begin{aligned}\text{Indice Global} &= (\text{RAI} + \text{Si} + \text{II}) / (\text{RAI max} + \text{SI max} + \text{II max}) \\ &= (17 + 24 + (-11)) / (27 + 27 + 1) = 30/55 = 0.54\end{aligned}$$

Esto indica que el proyecto global tiene una oportunidad superior a 50-50 de proveer (comprando) un grado significativo de protección de la salud humana y el ambiente.

Conclusiones

Aun con el alto grado de incertidumbre asociado con la clasificación de la irreversibilidad, una clasificación global del proyecto mayor de 0.5 puede considerarse que proporciona un grado razonable de protección de la salud humana y el ambiente. La clasificación del impacto global para este proyecto es 0.54. Está claro que comprar más seguridad contra los efectos adversos a la salud humana y el ambiente (reduciendo el nivel de incertidumbre) se hace más costoso y difícil de alcanzar utilizando la tecnología disponible.

6 PARTICIPACIÓN CIUDADANA

6.1 Mecanismos utilizados para la participación ciudadana

Con el objeto de involucrar a la población y mantenerla informada sobre los objetivos y actividades del proyecto, se realizaron diferentes actividades entre las que podemos mencionar: encuestas a un porcentaje significativo de la población, con el objeto de determinar el grado de conocimiento de la población en general sobre el proyecto, el grado de satisfacción o insatisfacción que muestra actualmente la población con respecto a las condiciones ambientales, especialmente de los ríos que desembocan en la bahía de Panamá y de la contaminación de la bahía, y el grado de aceptación del proyecto por parte de la población. Otra de las actividades de divulgación que se efectuó durante el desarrollo de este estudio y que permitió obtener recomendaciones y sugerencias para el proyecto fue una serie de foros desarrollados con diversos niveles que tienen que ver con la toma de decisiones sobre proyectos de esta envergadura. A continuación se detalla cada uno de estos mecanismos de participación ciudadana utilizados.

6.2 Formato de la encuesta aplicada, tamaño y distribución de la muestra

6.2.1 Formato de la encuesta aplicada

La encuesta aplicada se dividió en dos casos, cada uno de los cuales incluye diversas zonas del área de estudio, dependiendo de las condiciones de disponibilidad de servicios de dotación de agua potable y recolección de aguas residuales.

6.2.1.1 Caso 1

Aplicada a jefes de hogares con viviendas conectadas a la red de agua potable, pero no conectadas a la red de alcantarillado sanitario. Incluye las comunidades de Veracruz, Tocumen y Tinajitas.

Interrogantes incluidas:

- Cuántas personas viven en la casa?
- Cuál es su último grado de escolaridad?
- Cuál es su principal actividad económica?
- Por cuánto tiempo ha vivido en esa casa?
- Tiene letrina o tanque séptico en su casa?
- Cuánto le costó construir la letrina o el tanque séptico?
- ¿Cuántos años más espera que le dure la letrina o el tanque séptico?
- ¿Está funcionando la letrina o el tanque séptico?
- ¿Tiene algún tipo de problema con la letrina o el tanque séptico?
- ¿Cuál es el problema más frecuente con la letrina o el tanque séptico?

- ¿Hacia dónde van las aguas servidas producidas en su casa?
 - a. Son arrojadas al riachuelo más próximo
 - b. Son arrojadas a la calle
 - c. Otros
- ¿Sabía usted que el contacto con las aguas servidas que no han sido descontaminadas produce diversas enfermedades en niños y adultos?
- ¿Cuáles son las enfermedades que los miembros de su familia han padecido en los últimos 6 meses y que usted atribuye al contacto con las aguas servidas?
- ¿Cuántos miembros de su familia estuvieron enfermos en los últimos 6 meses con alguna de estas enfermedades:
 - a. ____ personas con hepatitis
 - b. ____ personas con parásitos
 - c. ____ personas con hongos
 - d. ____ personas con diarrea
 - e. ____ personas con fiebre tifoidea
 - f. ____ personas con infecciones en la piel
- ¿Está usted satisfecho con el sistema actual de eliminación de aguas servidas que usa en su vivienda?
- ¿Qué tipo de sistema de eliminación de aguas servidas le gustaría que tuviera su vivienda?
- ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza?
 - a. Tubería del IDAAN
 - b. Pozo
 - c. Río
 - d. Quebrada
 - e. Otro
- ¿Con qué frecuencia se recoge la basura en su comunidad?
 - a. Diariamente
 - b. Cada dos días
 - c. Una vez a la semana
 - d. Una vez al mes
 - e. Otra
- ¿Qué tipo de problemas de contaminación ha detectado en su comunidad?
 - a. Inadecuada disposición de excretas
 - b. Disposición de basura
 - c. Quemadas
 - d. Contaminación de ríos
 - e. Contaminación del aire
 - f. Malos olores
- ¿Está satisfecho con las condiciones ambientales de su comunidad?
- ¿Ha recibido algún tipo de seminario sobre contaminación ambiental?
- ¿Tiene conocimiento sobre el proyecto PLAN MAESTRO Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL SANEAMIENTO DE LA CIUDAD Y BAHÍA DE PANAMA?
- ¿Qué beneficios considera que traería el proyecto?
- ¿Considera que este proyecto beneficiará económicamente a las comunidades?
- ¿Qué tipos de problemas podría ocasionar a los pobladores y a la comunidad en general este proyecto?
- ¿Tiene conocimiento de alguna obra existente en esta región que pueda verse afectada por este proyecto?

6.2.1.2 Caso 2:

Aplicada a viviendas ubicadas en zonas urbanas que están conectadas a la red de alcantarillado sanitario y que se encuentran a distintas distancias de la Bahía de Panamá, la cual recibe aguas residuales sin tratamiento directamente de colectores o a través de la desembocadura de los ríos.

Interrogantes incluidas:

- ¿Cuántas personas viven en su casa?
- ¿Cuál es su principal actividad económica?
- ¿Cuánto tiempo hace que vive en esta casa?
- ¿A qué distancia de su vivienda está la bahía de Panamá?
 - a. A menos de 500 metros
 - b. Entre 500 y 1000 metros
 - c. Entre 1,000 y 3,000 metros
 - d. A más de 3,000 metros
- ¿Acostumbra usted o miembros de su familia realizar alguna de las siguientes actividades cerca de la bahía?
 - a. Pasar por la ribera de la bahía
 - b. Bañarse en la bahía
 - c. Jugar en la ribera de la bahía
 - d. Otra
- ¿Experimenta usted o su familia alguno de los siguientes problemas derivados de la proximidad a la bahía?
 - a. Olores desagradables
 - b. Aspectos desagradable de las riberas
 - c. Aspecto desagradable de las aguas
 - d. Existencia de diversas plagas (zancudos, roedores, otros)
 - e. Otros problemas
- ¿En los últimos 6 meses ha tenido que gastar dinero para controlar problemas ocasionados por la cercanía a la bahía?
- ¿Sabía usted que la bahía recibe las aguas servidas producidas por la población de la Ciudad de Panamá y que estas aguas servidas no son previamente tratadas para descontaminarlas?
- ¿Sabía usted que el contacto con las aguas servidas que no han sido previamente descontaminadas, produce diversas enfermedades en niños y adultos?
- ¿Cuáles son las enfermedades que los miembros de su familia han padecido en los últimos 6 meses y que atribuye a la contaminación de las aguas de la bahía?
- ¿Cuántos miembros de su familia estuvieron enfermos en los últimos 6 meses con alguna de estas enfermedades:
 - a. ____ personas con hepatitis
 - b. ____ personas con parásitos
 - c. ____ personas con hongos
 - d. ____ personas con diarrea
 - e. ____ personas con fiebre tifoidea
 - f. ____ personas con infecciones en la piel
- ¿Está usted satisfecho con las condiciones actuales de las aguas y riberas de la bahía?
- Qué características le gustaría que tuvieran las aguas de la bahía?
 - Que no tuviera olor desagradable

- Que tuviera color y aspecto agradable
- Que pudiera bañarse en la misma sin enfermar
- Que pudiera hacer deportes acuáticos sin problemas
- Qué pudiera pescar productos mariscos no contaminados
- Otros.
- Especificar en qué lugares le interesaría realizar estas actividades.
- ¿Con qué facilidades sanitarias cuenta su vivienda?
 - a. Letrina particular
 - b. Letrina compartida
 - c. Servicio sanitario particular
 - d. Servicio sanitario compartido
- ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza?
 - a. Tubería del IDAAN
 - b. Pozo
 - c. Río
 - d. Quebrada
 - e. Otro
- ¿Con qué frecuencia se recoge la basura en su comunidad?
 - a. Diariamente
 - b. Cada dos días
 - c. Una vez a la semana
 - d. Una vez al mes
 - e. Otra
- ¿Qué tipo de problema de contaminación ha detectado en su comunidad?
 - a. Inadecuada disposición de excretas
 - b. Disposición de basura
 - c. Quemadas
 - d. Contaminación de ríos
 - e. Contaminación del aire
 - f. Malos olores
- ¿Está satisfecho con las condiciones ambientales de su comunidad?
 - a. Sí Por qué _____
 - b. No Por qué _____
- ¿Ha recibido algún tipo de seminario sobre contaminación ambiental?
- ¿Tiene conocimiento sobre el proyecto PLAN MAESTRO Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL SANEAMIENTO DE LA CIUDAD Y BAHÍA DE PANAMA?
- ¿Qué beneficios considera que traería el proyecto?
- ¿Considera que este proyecto beneficiará económicamente a las comunidades?
- ¿Qué tipos de problemas podría ocasionar a los pobladores y a la comunidad en general este proyecto?
- ¿Tiene conocimiento de alguna obra existente en esta región que pueda verse afectada por este proyecto?

6.2.2 Tamaño y distribución de la muestra

Se identificaron las áreas respectivas utilizando datos de la Dirección de Estadística y Censo de la Contraloría General de la República. Se escogió como unidad de muestra las viviendas de las áreas indicadas, seleccionadas cada una de ellas al azar y con criterios de proporcionalidad socio-geográfica (fundamentalmente por corregimiento) con el fin de lograr la homogeneidad y representatividad necesarias. En cada vivienda seleccionada sólo se entrevistó a una persona adulta que tuviera responsabilidad directa en la administración del hogar.

Para la estimación del tamaño de la muestra se utilizó la formula:

$$M = (K^2.N.P.Q) / (K^2.P.Q + N^2),$$

donde:

M= Población muestral

K = 1.96. (valor al emplear 95% de certeza)

P = 0.05

Q = 0.05

N = Marco muestral

E = Error de la muestra admitido

Para el caso 1, es decir viviendas no conectadas a la red de alcantarillado actual, se calculó la muestra con un error de 5%, siendo N= 11,338 habitantes. Esto dio como resultado un tamaño de muestra de 371, a lo cual se agregaron 41 encuestas adicionales, rechazando una debido a inconsistencia de los datos. Finalmente quedó el tamaño de la muestra como 411 casos.

Para el caso 2: Viviendas conectadas a la red de alcantarillado que viven en las cercanías de la bahía de Panamá o de alguno de los ríos contaminados, el valor de N fue de 1,620,995 habitantes. Se trabajó en este caso con una muestra consistente de 1,196 viviendas.

6.3 Resultados de las encuestas

A continuación se presentan los resultados más relevantes de las encuestas aplicadas, tanto en forma gráfica como los porcentajes a cada una de las opciones de las preguntas.

6.3.1 Caso 1

Aplicada a jefes de hogares con viviendas conectadas a la red de agua potable, pero no conectadas a la red de alcantarillado sanitario. Incluye las comunidades de Veracruz, Tocuemen y Tinajitas.

6.3.1.1 Sistema de disposición de excretas con que cuenta

Cuadro N° 6.1 - Sistema de disposición de excretas con que cuenta

¿Tiene Letrina o Tanque Septico?	%
NO	2
SI	98



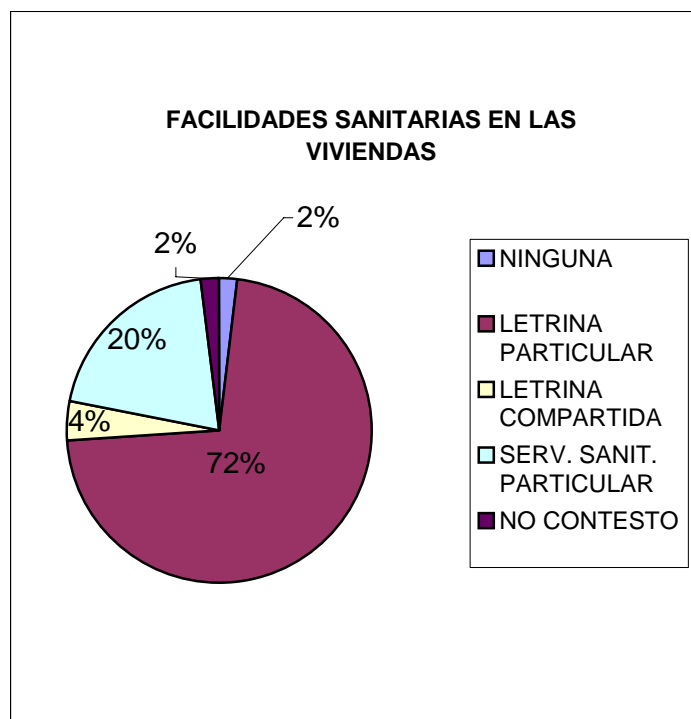
Gráfica N° 6.1- Sistema de Disposición de Excretas

6.3.1.2 Facilidades sanitarias

En el área estudiada para el caso 1 se puede notar en el cuadro 6.1 que el 98% no cuenta con conexión a sistema de alcantarillado, por lo que disponen sus excretas ya sea por medio de letrinas o tanques sépticos. De éstos, el 72% cuenta con letrina particular y solamente el 20% cuenta con servicio sanitario particular, tal como se muestra en el Cuadro N° 6.2.

Cuadro N° 6.2 - Facilidades sanitarias

Facilidades Sanitarias	%
Ninguna	2
Letrina Particular	72
Letrina Compartida	4
Serv. Sanit. Particular	20
No Contesto	2



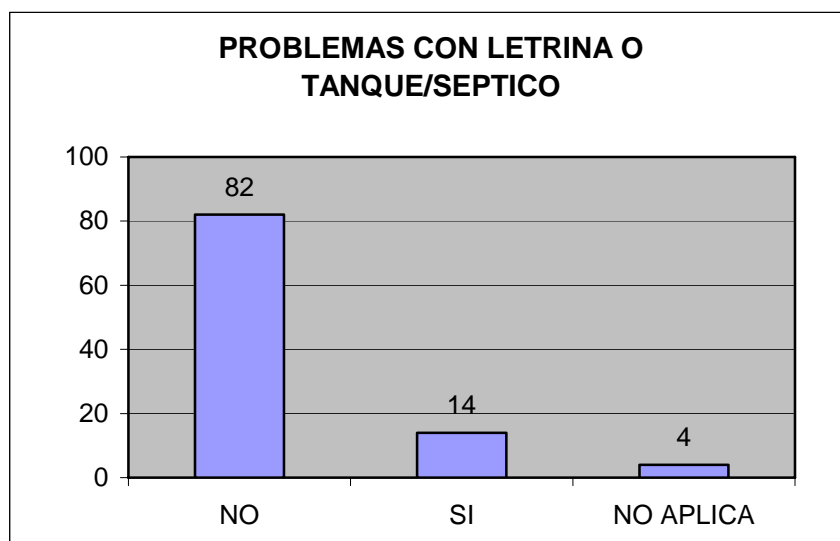
Gráfica N° 6.2 - Facilidades Sanitarias

6.3.1.3 Problemas con los sistemas de disposición de excretas

La mayoría declara no poseer algún tipo de problema con el sistema actual de disposición de excretas con el que cuentan.

Cuadro N° 6.3 - Problemas con los sistemas de disposición de excretas

¿Tiene Problemas Con Letrina o Tanq./Sept.?	%
No	82
Si	14
No Aplica	4



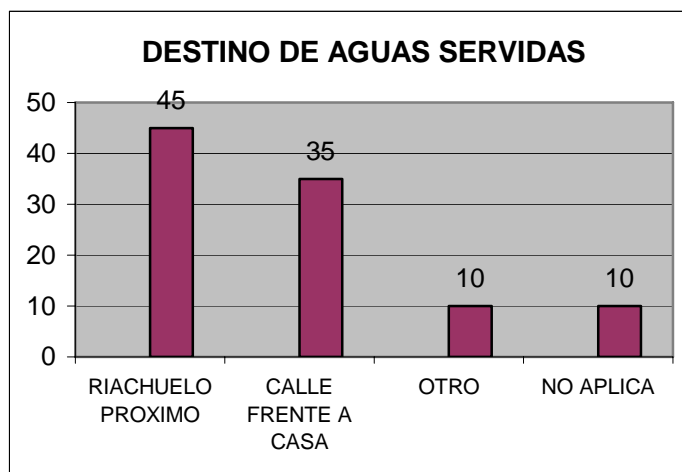
Gráfica N° 6.3 - Problemas con Letrinas o Tanque Septico

6.3.1.4 Destino de las aguas servidas de la comunidad

Según las respuestas a esta interrogante, se puede notar que la gente está consciente de que las aguas residuales provenientes de su vivienda van a parar a los cuerpos de agua naturales o a los desagües pluviales de las calles, que finalmente son descargados a los cuerpos de agua naturales.

Cuadro N° 6.4 - Destino de las aguas servidas de la comunidad

¿Hacia Donde Van Las Aguas Servidas?	%
Riachuelo Proximo	45
Calle Frente A Casa	35
Otro	10
No Aplica	10



Grafica N° 6.4 - Destino de las Aguas residuales

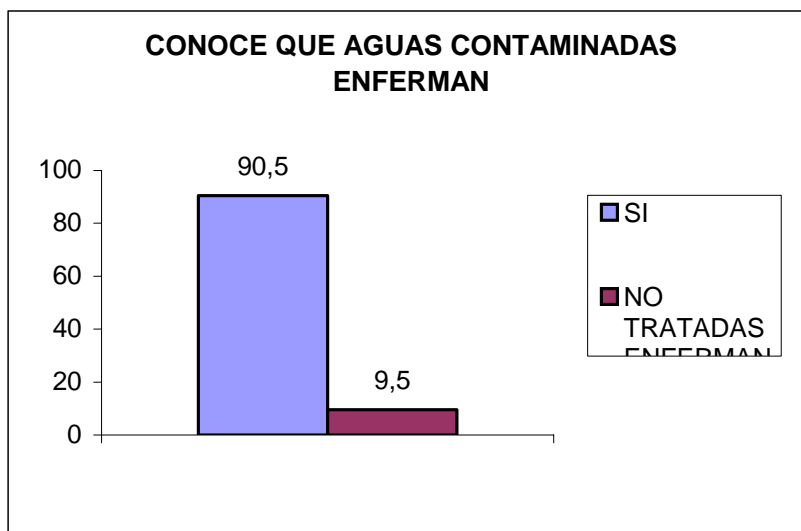
6.3.1.5 Conocimiento sobre el riesgo a la salud de las aguas contaminadas

Por otro lado, la gráfica 6.5 demuestra que la gente está consciente del riesgo de contraer enfermedades al estar expuesto a aguas residuales sin tratamiento.

Según las respuestas a esta interrogante, se puede notar que la gente está consciente de que las aguas residuales provenientes de su vivienda van a parar a los cuerpos de agua naturales o a los desagües pluviales de las calles, que finalmente son descargados a los cuerpos de agua naturales.

Cuadro N° 6.5 - Conocimiento sobre el riesgo a la salud de las aguas contaminadas

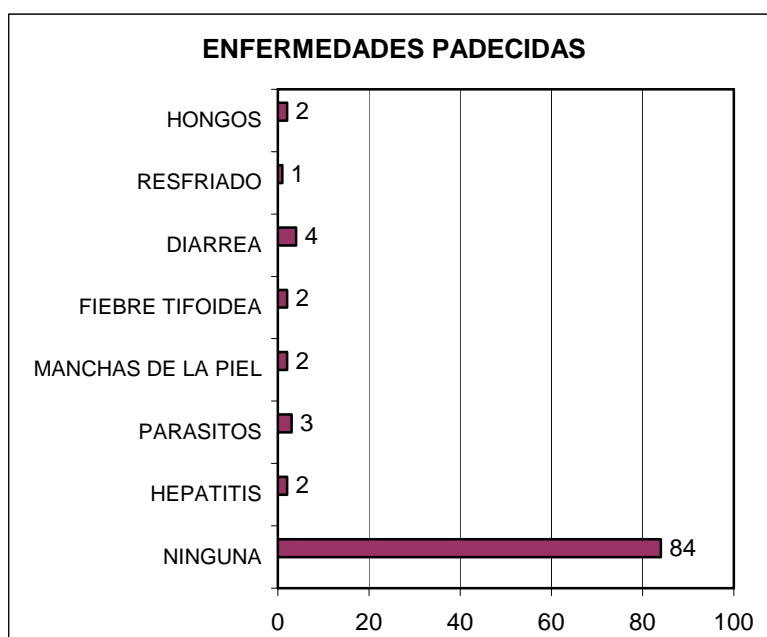
¿Conoce Que Aguas No Tratadas Enferman?	%
Si	90.5
No	9.5



Gráfica N° 6.5 - Conocimiento del Riesgo a la salud de Aguas contaminadas

6.3.1.6 *Enfermedades padecidas asociadas con la falta de alcantarillado***Cuadro N° 6.6 - Enfermedades padecidas asociadas con la falta de alcantarillado**

Enfermedades Padecidas Asociadas a Falta de Alcantarillado	%
Ninguna	84
Hepatitis	2
Parasitos	3
Manchas De La Piel	2
Fiebre Tifoidea	2
Diarrea	4
Resfriado	1
Hongos	2
Total	100

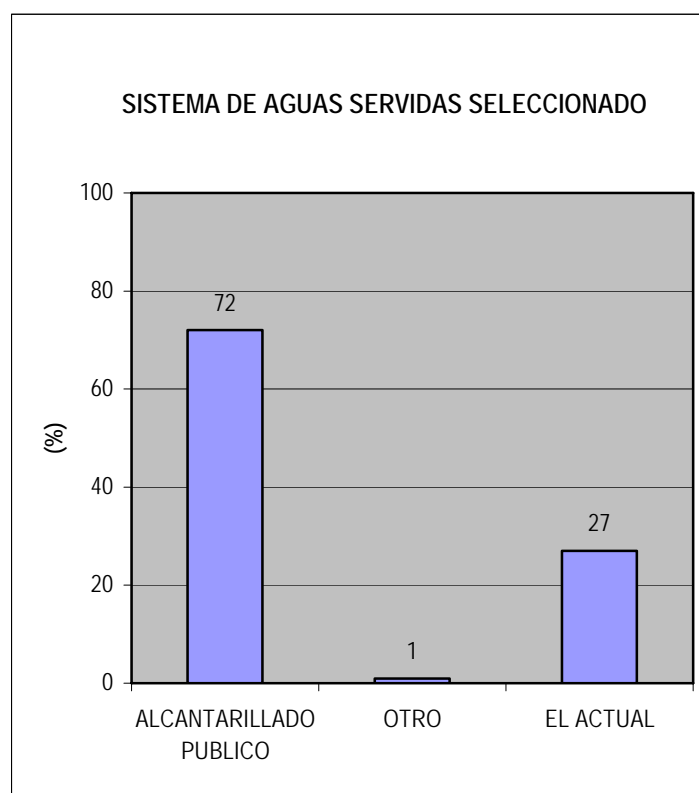
**Gráfica N° 6.6 - Enfermedades padecidas asociadas con la falta de alcantarillado**

A pesar de tener conocimiento de que la exposición a aguas residuales no tratadas produce enfermedades, el 84% de los encuestados declara que no ha sufrido ninguna enfermedad relacionada con el contacto con las aguas contaminadas. (Gráfica 6.6)

6.3.1.7 Sistema sanitario preferido por la comunidad

Cuadro N° 6.7 - Sistema sanitario preferido por la comunidad

Sistema de Aguas Servidas Seleccionado	%
Alcantarillado Publico	72
Otro	1
El Actual	27
Total	100



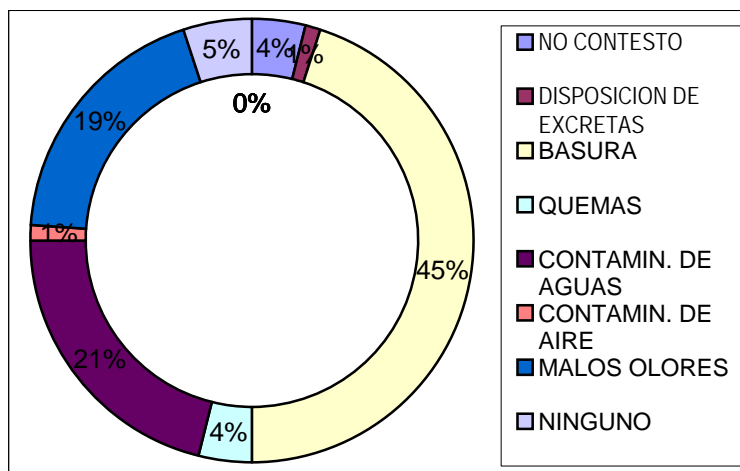
Gráfica N° 6.7 - Sistema Sanitario preferido por la comunidad

Al preguntar a los encuestados sobre el tipo de sistema para la disposición de las aguas residuales que prefieren el 72% respondió que el alcantarillado público. Esto indica que, a pesar de que consideran que no confrontan problemas con el sistema actual (letrinas y tanques sépticos) están a favor de la opción de la red de alcantarillado sanitario.

6.3.1.8 Problemas ambientales de la comunidad

Cuadro N° 6.8 - Problemas ambientales de la comunidad

Problemas Ambientales de La Comunidad	%
No Contesto	4
Disposicion De Excretas	1
Basura	45
Quemas	4
Contaminación de Aguas	21
Contaminación del Aire	1
Malos Olores	19
Ninguno	5
Total	100

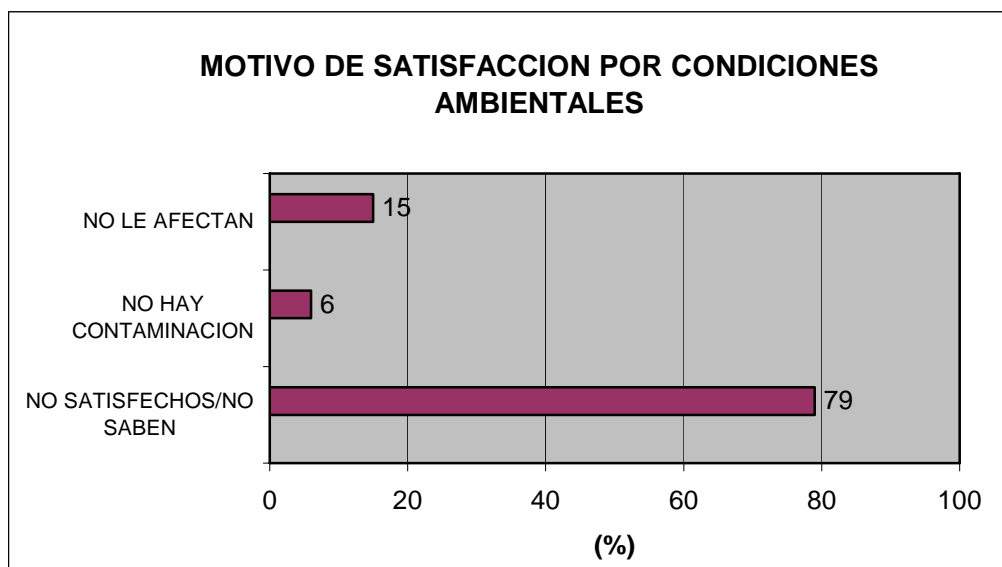


Gráfica N° 6.8 - Problemas Ambientales de la Comunidad

6.3.1.9 Nivel de satisfacción con las condiciones ambientales existentes

Cuadro N° 6.9 - Nivel de satisfacción con las condiciones ambientales existentes

Condiciones Ambientales	%
No Satisfechos/No Saben	79
No Hay Contaminacion	6
No Le Afectan	15
Total	100



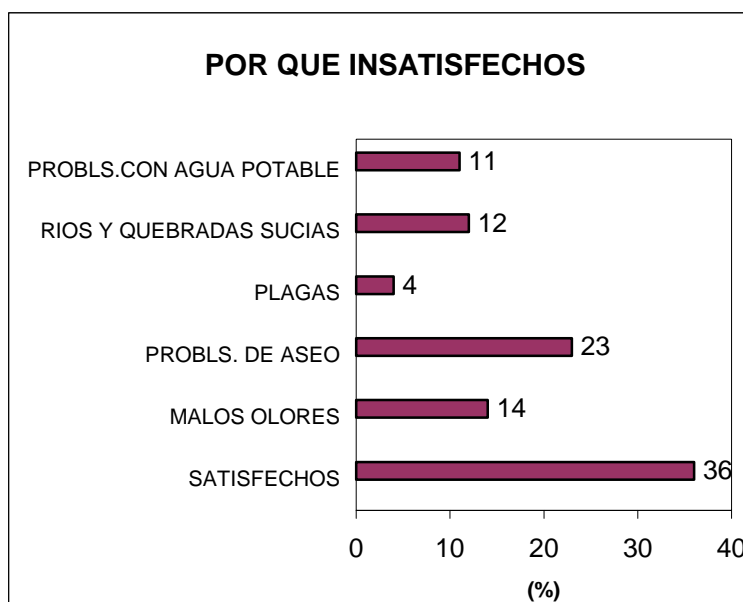
Gráfica N° 6.9 - Insatisfacción por Condiciones Ambientales

De acuerdo con la gráfica 6.9, el 79% no están satisfechos con las condiciones ambientales existentes en su comunidad.

6.3.1.10 Motivo de insatisfacción

Cuadro N° 6.10 - Motivo de insatisfacción

Motivo de Insatisfacción de Condiciones Ambientales	%
Satisfechos	36
Malos Olores	14
Problemas. de Aseo	23
Plagas	4
Rios Y Quebradas Sucias	12
Probls.Con Agua Potable	11
Total	100



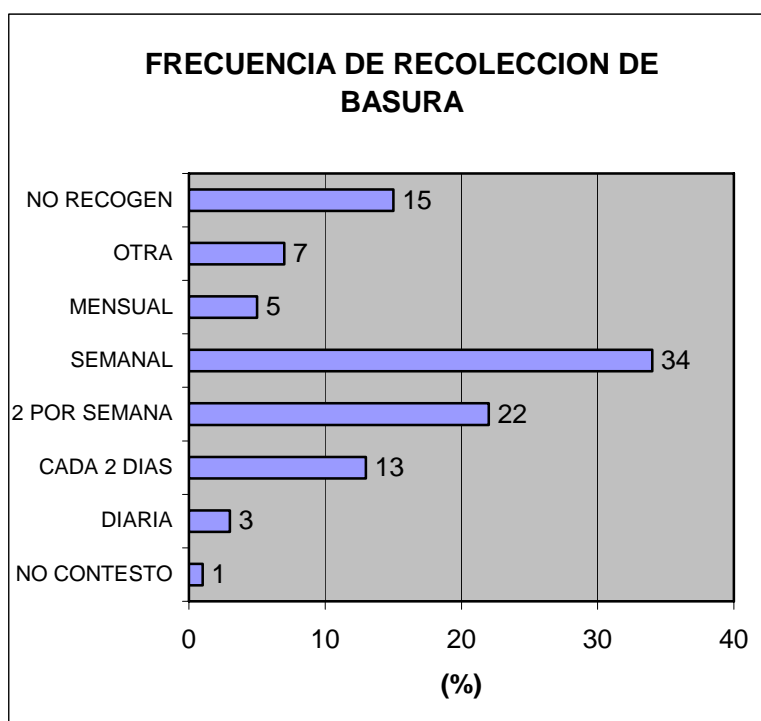
Gráfica N° 6.10 - Motivo de Insatisfacción por Condiciones Ambientales

Las respuestas a esta pregunta no parecen coincidir con el nivel de satisfacción o insatisfacción por las condiciones ambientales existentes, ya que el 36% demuestra estar satisfecho. Sin embargo, se puede asumir que un porcentaje de la población declaró estar insatisfecho pero a la hora de identificar el motivo de insatisfacción, no pudo establecerlo. El principal motivo de insatisfacción por las condiciones ambientales existentes parece ser los problemas de aseo (inadecuada disposición de los desechos sólidos) seguido de los malos olores y la contaminación de los ríos y quebradas.

6.3.1.11 Frecuencia de recolección de basura

Cuadro N° 6.11 - Frecuencia de recolección de basura

Frecuencia de Recoleccion de Basura	%
No Contesto	1
Diaria	3
Cada 2 Dias	13
2 Por Semana	22
Semanal	34
Mensual	5
Otra	7
No Recogen	15
Total	100



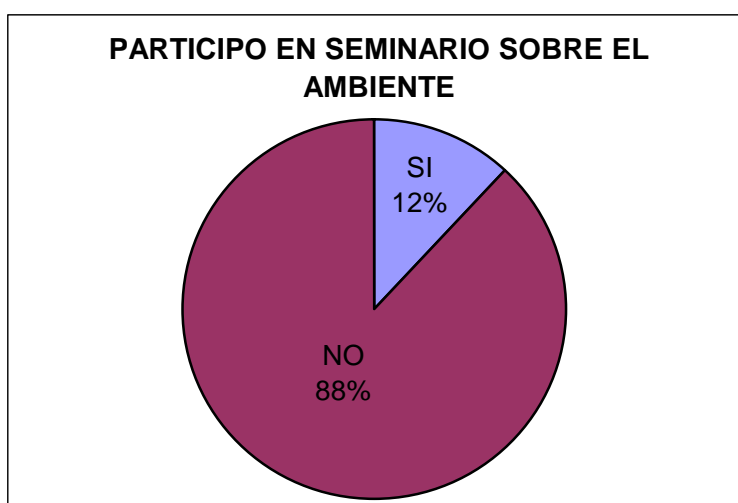
Gráfica 6.11 - Frecuencia de recolección de basura

Obviamente, el problema principal relacionado con la falta de saneamiento en estas áreas es la inadecuada disposición de los desechos sólidos, ya que el 34% manifestó ya que la frecuencia de recolección de la basura es semanal y el 22% dos veces por semana.

6.3.1.12 Nivel de educación en temas ambientales

Cuadro N° 6.12 - Nivel de educación en temas ambientales

¿Ha Recibido Seminario Sobre el Ambiente?	%
Si	12
No	88

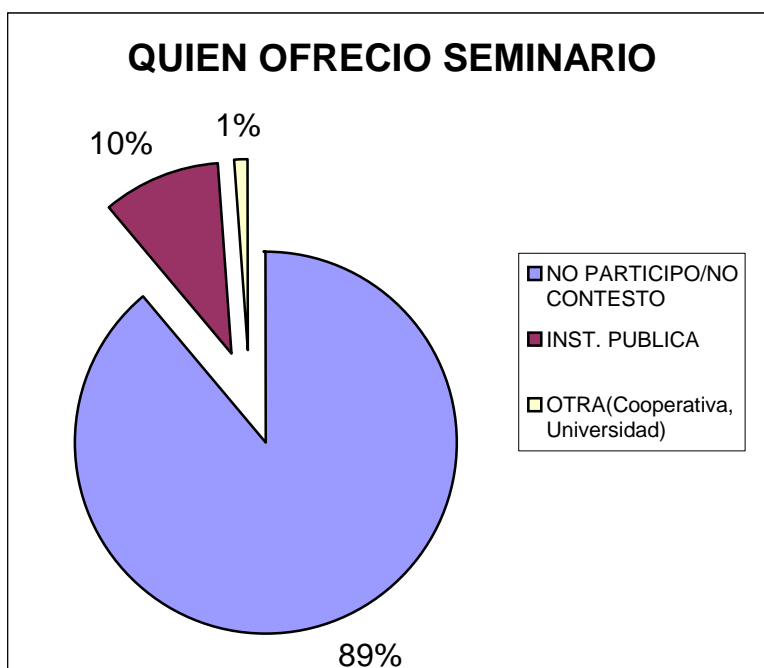
*Gráfica N° 6.12 - Participación en seminarios sobre protección ambiental*

De acuerdo con la Gráfica 6.12 muy poco ha sido el nivel de participación de la comunidad en seminarios sobre temas ambientales. Esto indica la necesidad de crear programas masivos de educación ambiental a todos los niveles de la sociedad civil.

6.3.1.13 Encargado de Seminario

Cuadro N° 5.13 Encargado de Seminario

¿Quien Ofrecio Seminario?	%
No Participo/No Contesto	89
Inst. Publica	10
Otra(Cooperativa,Universidad)	1



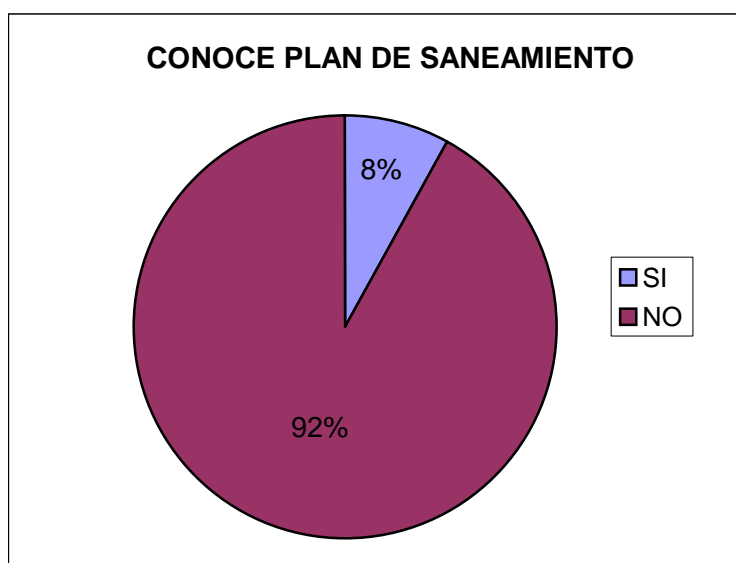
Gráfica N° 5.13 Encargado de Seminario

De los entrevistados, solamente el 12% ha participado en seminarios sobre contaminación ambiental. Al parecer, según la opinión de los encuestados, el 89% de los pocos que han recibido seminarios lo han recibido de las Universidades u otras instituciones diferentes del gobierno. Esto indica que es necesario promover a través del Ministerio de Educación, la Autoridad Nacional del Ambiente y las Organizaciones no Gubernamentales la ejecución de programas de capacitación e información en materia ambiental, ya que la participación de una población consciente de los problemas ambientales y de sus soluciones es de vital importancia para lograr el éxito de cualquier programa de saneamiento ambiental, especialmente de un proyecto de tal envergadura como el considerado en este estudio.

6.3.1.14 Nivel de conocimiento del Plan Maestro y Estudio de Factibilidad para el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá

Cuadro N° 6.14 - Nivel de conocimiento sobre el estudio y proyecto

¿Conoce Plan Maestro para Saneamiento?	%
Si	8
No	92

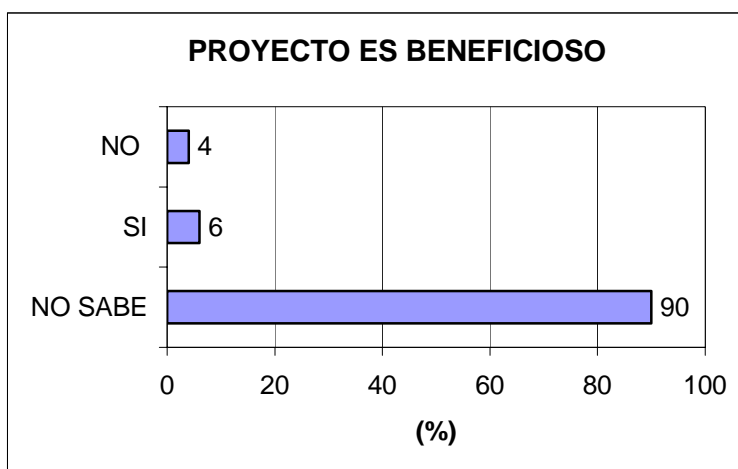


Gráfica N° 6.14 - Nivel de Conocimiento sobre el Proyecto

Al momento de realizar la encuesta el nivel de conocimiento sobre el Plan Maestro y Estudio de Factibilidad para el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá era casi nulo, con solamente un 8% de los encuestados.

6.3.1.15 *Beneficios del Proyecto a la Comunidad***Cuadro N° 6.15 - Beneficios del Proyecto a la Comunidad**

¿Proyecto Ofrece Beneficios a la Comunidad?	%
No Sabe	90
Si	6
No	4

**Gráfica N° 6.15 - Beneficios del Proyecto a la Comunidad**

Según las respuestas a la pregunta sobre los beneficios que traerá a las comunidades el mencionado proyecto, el 90% no tenía conocimiento al momento de realizar la encuesta. Esto indica el bajo nivel de información y capacitación sobre los problemas ambientales y sus soluciones, lo que justifica la implementación de programas de educación ambiental formal y no formal a todos los niveles.

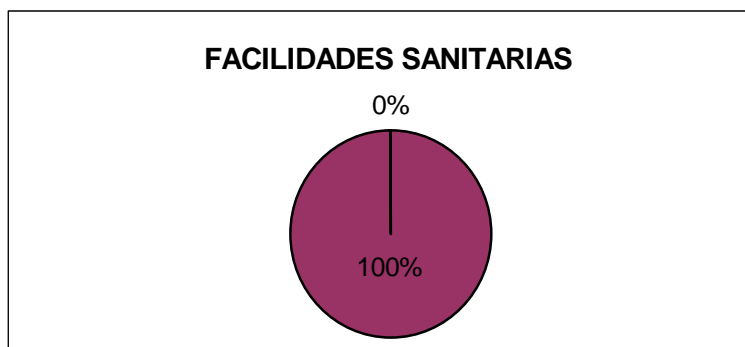
6.3.2 Caso 2

Aplicada a viviendas ubicadas en zonas urbanas que están conectadas a la red de alcantarillado sanitario y que se encuentran a distintas distancias de la Bahía de Panamá, la cual recibe aguas residuales sin tratamiento directamente de colectores o a través de la desembocadura de los ríos y en las cercanías de los ríos contaminados.

6.3.2.1 Facilidades Sanitarias

Cuadro N° 6.16 - Facilidades Sanitarias

Facilidades Sanitarias	%
Servicio Sanitario Particular	99
Servicio Sanitario Comunal	1

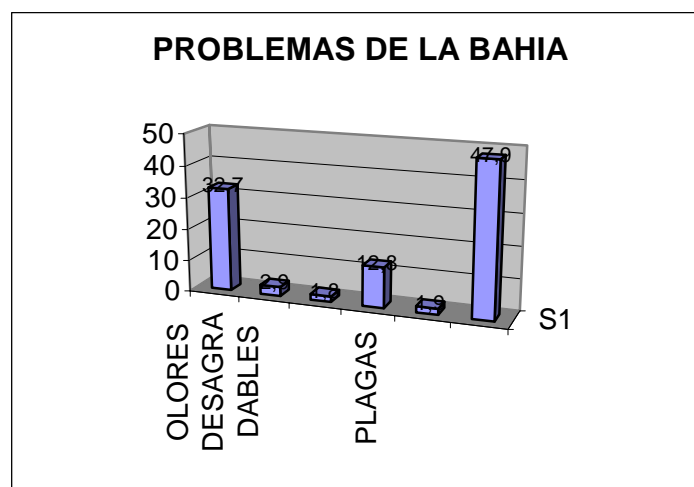


Gráfica N° 6.16 – Facilidades Sanitarias

En este sector de la ciudad de Panamá, prácticamente el 100% cuenta con facilidades de servicio sanitario particular.

6.3.2.2 *Problemas relacionados con la Bahía***Cuadro N° 6.17 - Problemas relacionados con la Bahía**

Problemas por Residir Cerca de la Bahía de Panama	%
Olores Desagradables	32.7
Aspecto Desagradable De Playas	2.9
Aspecto Desagradable De Aguas	1.8
Plagas	12.8
Otros	1.9
Ninguno	47.9
Total	100

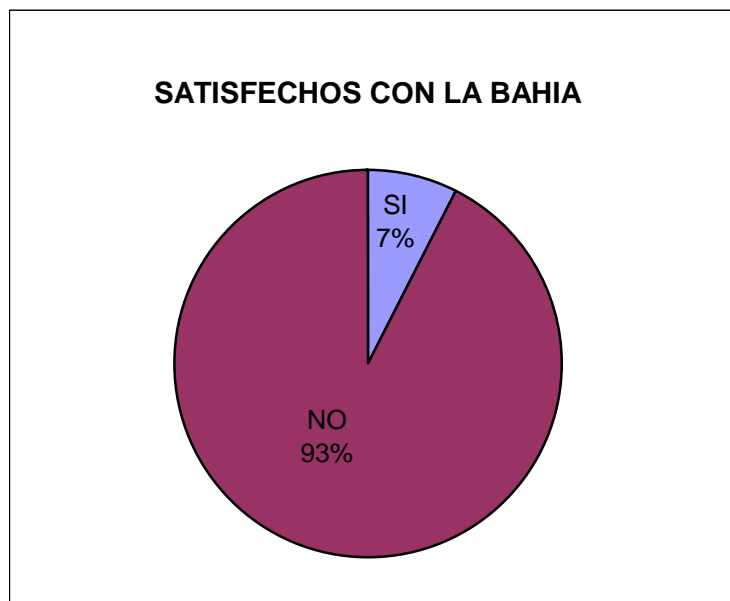
**Gráfica N° 6.17 - Problemas relacionados con la Bahía**

Con respecto a los problemas ocasionados por residir cerca de la Bahía de Panamá, el 47.9% manifestó no tener problemas, mientras que el 32.7% manifestó que el principal problema son los olores desagradables.

6.3.2.3 Satisfacción con Condiciones de la Bahía

Cuadro N° 6.18 - Satisfacción con Condiciones de la Bahía

Satisfacción con Niveles Actuales de Condiciones de la Bahía de Panama	%
Si	7.4
No	92.6

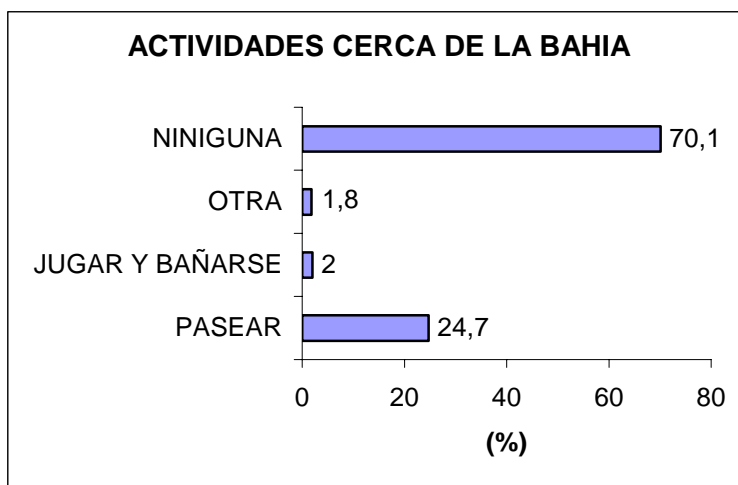


Gráfica N° 5.18 - Satisfacción con condiciones de la Bahía

A pesar de que el 48% manifestó no tener problemas por residir cerca de la bahía, el 93% considera estar insatisfechos por las actuales condiciones sanitarias existentes en la bahía.

6.3.2.4 *Actividades de la Bahía***Cuadro N° 6.19 - Actividades de la Bahía**

Actividades Realizadas Cerca de la Bahía	%
Pasear	24.7
Jugar Y Bañarse	2
Otra	1.8
Niniguna	70.1

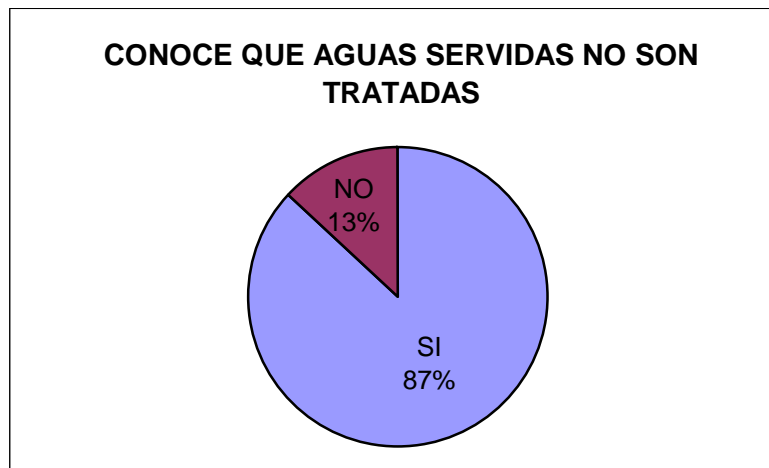
**Gráfica N° 6.19 - Actividades de la Bahía**

Se entrevistó a las personas para saber que tipo de actividades realizan actualmente en la bahía de Panamá. El 71% no realiza ninguna actividad actualmente, mientras que el 25 % declaró que pasea por los alrededores de la bahía. Un porcentaje ínfimo realiza actividades como jugar y bañarse.

6.3.2.5 Destino de Aguas Residuales

Cuadro N° 6.20 - Destino de Aguas Residuales

¿Conoce que Aguas Servidas que Van a la Bahía No Son Tratadas?	%
Si	87
No	13



Gráfica N° 6.20 - Destino de Aguas Residuales

6.3.2.6 Riesgo a la salud de las Aguas Residuales

Tal como sucedió en el caso 1, para este sector del área metropolitana, las personas saben que las aguas servidas sin tratamiento pueden causar enfermedades.

Cuadro N° 6.21 - Riesgo a la salud de las Aguas Residuales

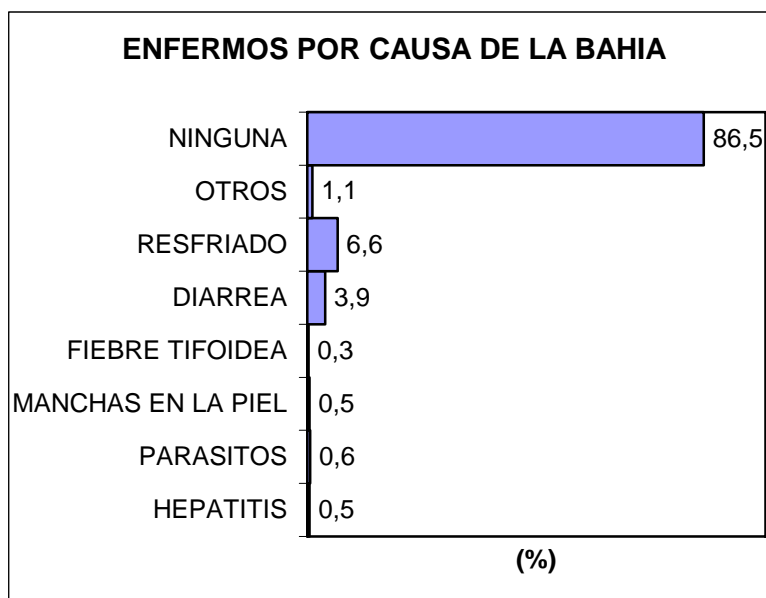
¿Conoce Que Aguas No Tratadas Producen Enfermedades?	%
Si	96
No	4



Gráfica N° 6.21 - Riesgo a la salud de las Aguas Residuales

6.3.2.7 *Enfermedades Asociadas con la Contaminación de la Bahía***Cuadro N° 6.22 - Enfermedades Asociadas con la Contaminación de la Bahía**

Poblacion Afectada Por Enfermedades Asociadas Con La Bahia	%
Hepatitis	0.5
Parasitos	0.6
Manchas En La Piel	0.5
Fiebre Tifoidea	0.3
Diarrea	3.9
Resfriado	6.6
Otros	1.1
Ninguna	86.5

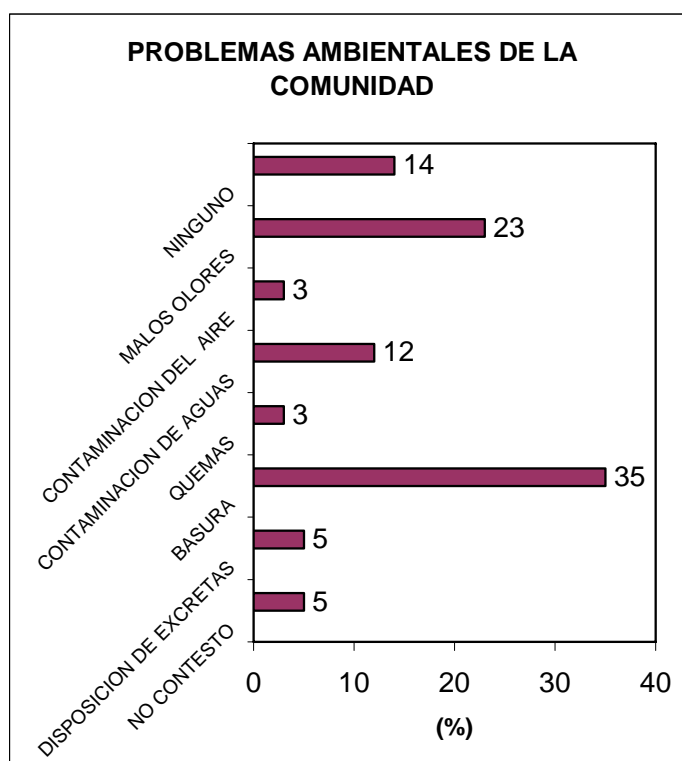
**Gráfica N° 6.22- Enfermedades Asociadas con la Contaminación de la Bahía**

Ya que son muy pocas las personas que realizan actividades de contacto con las aguas contaminadas de la bahía, el 86.5% de los entrevistados manifestó que no ha sufrido ninguna enfermedad relacionada con las condiciones sanitarias de la bahía de Panamá.

6.3.2.8 Problemas ambientales de la Comunidad

Cuadro N° 6.23 - Problemas ambientales de la Comunidad

Problemas Ambientales De La Comunidad	%
No Contesto	5
Disposicion De Excretas	5
Basura	35
Quemas	3
Contaminacion De Aguas	12
Contaminacion Del Aire	3
Malos Olores	23
Ninguno	14



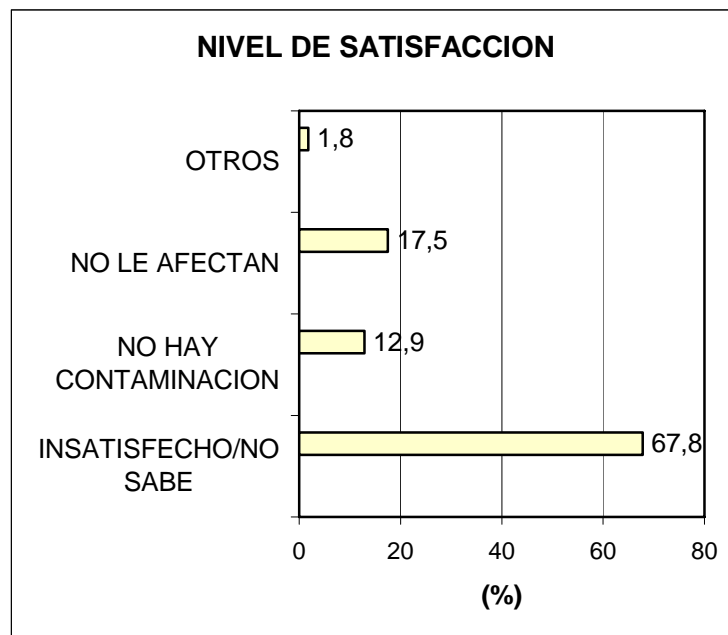
Gráfica N° 6.23 - Problemas ambientales de la Comunidad

En cuanto a los problemas ambientales prioritarios de la comunidad, el 35% considera que la inadecuada disposición de los desechos sólidos son en principal problema, seguido de los malos olores. La contaminación de las agua ocupó el cuarto lugar en porcentaje.

6.3.2.9 Satisfacción por condiciones ambientales

Cuadro N° 6.24 - Satisfacción por condiciones ambientales

Satisfacción Por Condiciones Ambientales	%
Insatisfecho/No Sabe	67.8
No Hay Contaminacion	12.9
No Le Afectan	17.5
Otros	1.8



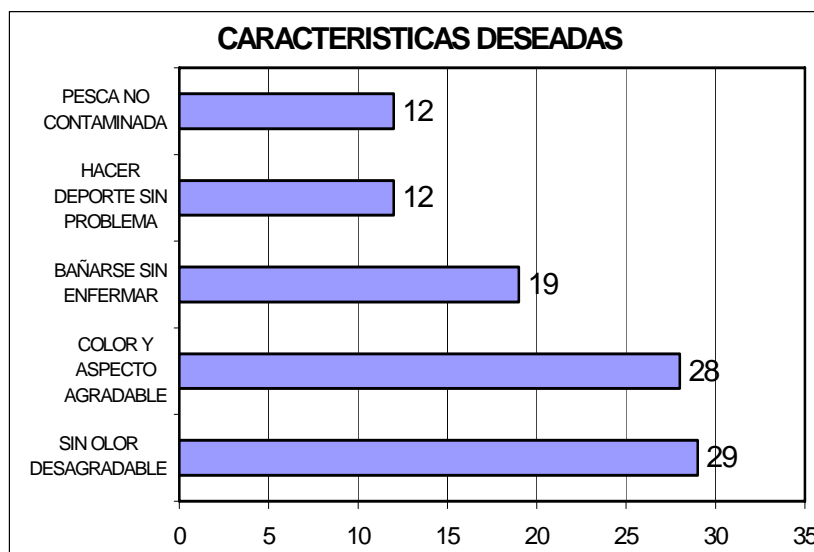
Gráfica N° 6.24 - Satisfacción por condiciones ambientales

En cuanto al nivel de satisfacción por las condiciones ambientales existentes en su comunidad, el 68.8% manifestó estar insatisfecho, mientras que el 17.5% manifiesta que los problemas ambientales no le afectan y el 12.9% considera que no hay contaminación.

6.3.2.10 Características deseadas en la Bahía

Cuadro N° 6.25 - Características deseadas en la Bahía

Características Deseadas por la Poblacion para la Bahia	%
Sin Olor Desagradable	29
Color Y Aspecto Agradable	28
Bañarse Sin Enfermar	19
Hacer Deporte Sin Problema	12
Pesca No Contaminada	12



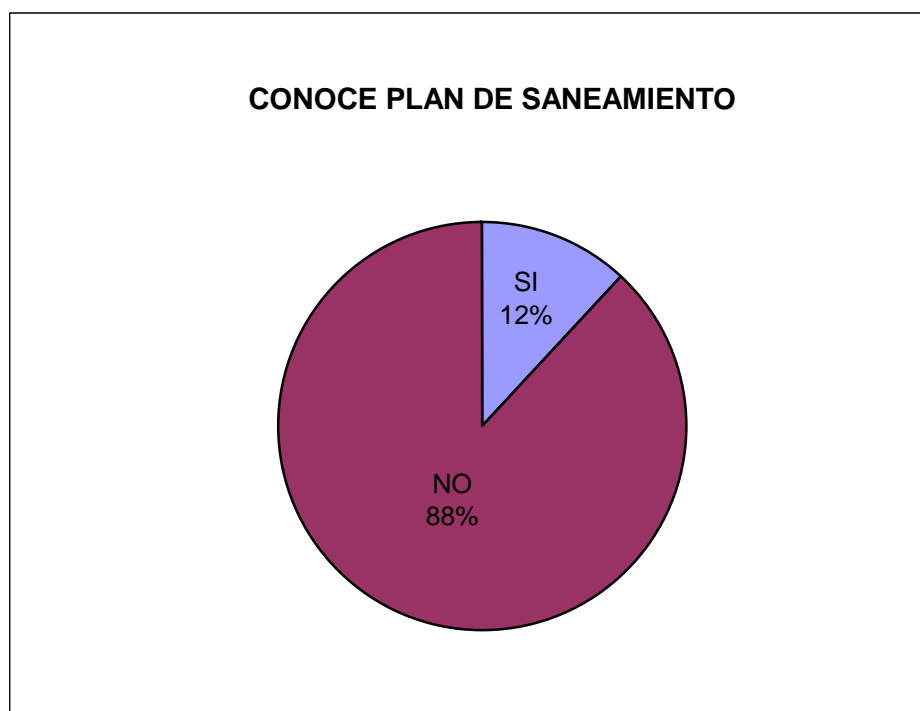
Gráfica N° 6.25 - Características deseadas en la Bahía

En un proyecto de saneamiento de la magnitud del presente, es importante conocer qué es lo que la población desea como beneficios del proyecto. En este caso se consultó sobre las características que los entrevistados deseaban de la bahía de Panamá. Los resultados obtenidos indican que el mayor porcentaje (29%) desea que la bahía no tenga malos olores, mientras que el 28% desea un aspecto y color agradable de la misma. Según los resultados, un bajo porcentaje de la población entrevistada (12 a 13%) desea realizar actividades de contacto como bañarse y practicar deportes o pescar.

6.3.2.11 Nivel de conocimientos en el proyecto

Cuadro N° 6.26 - Nivel de conocimientos en el proyecto

¿Conoce Plan de Saneamiento ¿	%
Si	12
No	88



Gráfica N° 6.26 - Nivel de conocimientos en el proyecto

El nivel de conocimiento sobre el Plan Maestro y Estudio de Factibilidad para el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá es bastante similar al encontrado en el caso 1. Solamente el 12% conocían sobre el mismo al momento de realizar la encuesta.

6.4 Foros realizados

6.4.1 Foro 1

Se denominó Foro 1 a una serie de reuniones, debates y presentaciones relacionadas con el Plan Maestro y Estudios de Factibilidad para el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá, que se realizó en la semana entre el 15 y el 20 de junio de 2000, que contó con la participación de autoridades de gobierno, del consorcio CESOC, que elabora los estudios, y con miembros del Banco Interamericano de Desarrollo, que financia los mismos, con representantes de las instituciones públicas con algún grado de injerencia en el estudio y con miembros de la sociedad civil.

El evento fue organizado por las autoridades de gobierno y se realizó en dependencias del Hotel Miramar, contando con toda la infraestructura y los medios modernos adecuados para este tipo de actividades.

El consorcio CESOC fue convidado a presentar el Informe Intermedio Integrado y a dar respuestas a las preguntas y aclaraciones solicitadas por los participantes al evento, con el fin de dilucidar diversos aspectos del contenido de los estudios para dar continuidad a la última fase de los mismos, después de aceptada la alternativa de solución propuesta y recomendada por el Consultor.

Como se mencionó anteriormente, el foro contó con cuatro días de presentaciones y discusiones, en cada uno de los cuales la audiencia fue diferente. A continuación se presenta un resumen de los participantes para cada día del foro así como las inquietudes presentadas.

6.4.1.1 Foro 1-día 1:

Fecha: 15 de junio de 2,000

Participantes:

- Técnicos de los organismos gubernamentales involucrados con el proyecto
- Representantes del Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

Se trataron temas relacionados con el contenido del Cuarto Informe Intermedio. Fue una reunión interna de evaluación del estudio, sin la participación del Consorcio.

6.4.1.2 Foro 1- día 2:

Fecha: 16 de junio de 2,000

Participantes:

- Representantes técnicos de todo los órganos directamente relacionados con el desarrollo del estudio: Ministerio de Economía y Finanzas, Ministerio de Salud, Autoridad Nacional del Ambiente, Autoridad de la Región Interoceánica, Instituto de Acueductos y

Alcantarillados Nacionales, Ministerio de Obras públicas, Autoridad Marítima Nacional, Ente Regulador de los Servicios Públicos, Ministerio de Vivienda. Participaron 40 funcionarios.

- Consorcio CESOC

Los principales temas tratados fueron:

- Se dio énfasis en la necesidad de que se promulgue y se coloque en práctica la ley sobre la calidad de los efluentes a ser descargados en los sistemas de alcantarillado así como en los cursos de agua, que fue uno de los principios básicos que normaron los estudios, en lo que se refiere a la recepción de descargas industriales ya tratadas por el sistema de recolección de aguas residuales.
- También se hizo hincapié en la necesidad de contar con una reglamentación sobre los usos de agua y sobre clasificación de los diversos recursos hídricos, para lo cual CESOC propuso, en su informe, la adaptación de reglamentaciones brasileñas a las condiciones locales, entregando una versión de la misma para ser sometida a estudio.
- Se aclararon las implicaciones ambientales sobre el uso de un emisario submarino largo en contraposición al uso de tratamiento más riguroso y emisario más corto. A este respecto, tuvo destaque la participación del Dr. Russell G. Ludwig, de reconocida vivencia internacional en el campo de disposición submarina, al manifestar que debe ser considerada la alta difusión conseguida por un sistema emisario-difusor adecuadamente diseñado, la gran dispersión promovida por la dinámica de las aguas marinas y el inmenso poder de asimilación del mar, con una eficiencia muy superior a cualquier instalación de tratamiento de aguas residuales.
- Se aclaró que las instalaciones de tratamiento podrán incluir instalaciones de desinfección para atender a las preocupaciones ambientales, principalmente en el caso de efluentes descargados en los ríos. En el mar, el Dr. Russell manifestó la no necesidad de desinfectar las aguas destinadas al emisario, debido a las razones apuntadas en el párrafo anterior en relación a la dispersión y difusión así como a que las áreas costeras, donde podrían desarrollarse actividades de contacto primario estarían a salvo de concentraciones mayores que las aceptables.
- En relación a situaciones de contingencia, se explicó que las estaciones de bombeo y las plantas de tratamiento poseerían algunas instalaciones para generación mínima de energía en caso de falta de la misma, para disminuir los efectos adversos de una paralización y que tendrían los medios adecuados para desviar los flujos hacia los cursos receptores. Sin embargo no podría pretenderse, a riesgo de tornar no viables las inversiones, dotarlas de equipos y unidades de emergencia para cualquier caso de contingencia con toda la capacidad prevista.
- En relación a la priorización de las inversiones, se explicó que se agregarían detalles más ajustados en el próximo informe, incluyendo costos de unidades comunes a todas las alternativas, que en esta etapa de análisis y comparación de alternativa, no fueron incorporados.

6.4.1.3 Foro 1-día 3

Fecha: 19 de junio de 2,000

Participantes:

- Miembros de las entidades relacionadas con la protección del ambiente
- Organizaciones no gubernamentales
- Organizaciones laborales y gremiales
- Miembros de la sociedad civil, se contó con una representación de 54 grupos organizados de la sociedad civil.
- Consorcio CESOC
- El Consorcio CESOC hizo una presentación del proyecto ante los participantes.

Entre los temas levantados se destacaron los siguientes:

- Se aclararon conceptos relacionados con la cantidad de agua de infiltración e influjo que entra a la red y con el alto consumo de agua en la ciudad de Panamá. Si se comparan los valores con otras capitales, éstos se consideran altos, sin embargo, en lo referente al consumo, esta realidad deberá ser mejorada con campañas de uso racional del recurso incluidas en los planes existentes de optimización del sistema de agua potable, y en relación a las aguas que entran a las redes, con el uso de materiales nuevos que disminuyen la infiltración.
- Se explicó que para definir el número de plantas de tratamiento consideradas en cada alternativa analizada, hubo preocupación para disminuir el número de plantas al mínimo, debido a las conocidas dificultades para mantener y operar este tipo de instalaciones, pero que, sin embargo, no se logró disminuir aun más el número de plantas pues para ello debería contarse con estaciones de bombeo que permitieran transferir los caudales hacia pocos puntos de tratamiento, lo que además de elevar los costos operacionales no deja de constituirse en una multiplicación de puntos de operación.
- Ante la consulta sobre la solución a ser dada al sistema combinado y se explicó que como corresponde a una solución común, sólo será incluida en el informe final y sus costos estarán incluidos en el análisis afinado de priorización de las obras.
- Respecto a la creación de empleos que las obras generarían, se explicó que este tipo de obras tienen un gran componente de mano de obra, calificada y no calificada, lo que sin duda ampliaría la disponibilidad de empleos en la etapa de construcción y mano de obra principalmente calificada en la etapa de operación de los sistemas propuestos.
- Se volvió a tratar el aspecto de consecuencias debidas a la ocurrencia de situaciones de contingencia, como interrupciones de fluido eléctrico, dándose las explicaciones ya referidas en párrafo anterior.
- En relación a las garantías de sanear el área de estudio con las obras previstas, se recalcó que las soluciones previstas llevarán un cierto tiempo en ser construidas y que sus resultados también deberán ser graduales y que se llegará a niveles aceptables de acuerdo con los niveles de requerimiento de cada lugar. Se recomendó la adopción de reglamentos sobre el uso y clasificación de las aguas según su uso, aclarándose que esta clasificación no es general para toda el área, sino será definida de acuerdo con el tipo de

uso esperado. En consecuencia habrán áreas con niveles de contaminación más altos que en otras, pero todas dentro de los límites tolerados para cada clase. Por otro lado podrán producirse, eventualmente, situaciones de emergencia, las que una vez solucionadas, se corregirán los niveles de contaminación en el lugar afectado, hasta volver a alcanzar los niveles satisfactorios establecidos.

- Se levantó la preocupación por el hábitat de las aves migratorias y en que forma las obras propuestas influyen en la preservación o deterioro del mismo. Se explicó que en estas áreas las obras previstas mejorarán la situación actual por lo que el proyecto tiene efectos benéficos sobre este hábitat.

Se consultó sobre el papel que las organizaciones no gubernamentales tendrían dentro del plan maestro, a lo que se refirieron las propias autoridades presentes en el sentido de que debería aprovecharse el potencial de estas instituciones para destacar los aspectos sociales de divulgación y de educación ambiental y sanitaria.

6.4.1.4 Foro 1- día 4

Fecha: 20 de junio de 2,000

Participantes:

- Excelentísima Señora Presidenta de la República, Doña Mireya Moscoso
- Primer Vice-Presidente, Señor Arturo Vallarino
- Ministro de Salud, Dr., José Manuel Terán
- Ministro de Economía y Finanzas, Señor Ing. Víctor Juliao
- Ministro de Obras Públicas, Señor Moisés Castillo
- Ministro de Vivienda, Señor Miguel Cárdenas
- Vice-Ministros
- Máximos representantes de los órganos de gobierno municipal
- Consorcio CESOC

En esta reunión, el consorcio presentó una versión resumida del desarrollo del proyecto y hubo, también una sesión de preguntas y respuestas que tuvo como temas principales los siguientes:

- Se aclaró que en todas las alternativas analizadas se contempló la necesidad de que las redes y colectores reciban los efluentes con calidad equivalente a descargas domésticas por lo que, en el caso de desechos líquidos industriales, éstos deberían estar debidamente tratados. Conforme esta premisa, surge la necesidad de, a la brevedad, colocar en práctica la reglamentación sobre las descargas industriales, que se encuentran aun en un período de análisis y discusión previa a la aprobación.
- Se volvió a tratar aspectos relacionados con la calidad de las aguas del emisario submarino y a la necesidad de promulgar reglamentos relacionados con la clasificación de las aguas en función de los usos deseados, para los cual CESOC presentó, en su informe intermedio, el reglamento que se aplica en Brasil, recomendando que sea

estudiado y adaptado a las condiciones de Panamá, que el consorcio consultor estima, son similares a las encontradas en Brasil.

- Se tocó nuevamente en la generación de empleos con las obras propuestas, dándose las explicaciones ya expuestas en el día anterior.
- Se expuso la necesidad de contar con un órgano adecuadamente organizado para la administración de este proyecto, aun cuando este aspecto institucional es parte del próximo informe, según la programación de actividades del estudio y será abordado en detalle en el Informe 5.
- Se abordó también la necesidad de contar con un programa de educación sanitaria y ambiental a la población, para completar los propósitos pretendidos con el proyecto. Se había mencionado ya la importante colaboración que las organizaciones no gubernamentales pudiesen tener en relación a este tema.
- También se solicitaron detalles sobre el problema de tarifas de los servicios del alcantarillado, explicando el consultor que esto sería parte de las tareas resultantes del análisis financiero, previsto para el siguiente informe, de acuerdo con la programación del estudio. Fue aquí importante la participación del Ing. Juan Alfaro, para aclarar que la disposición a pagar obtenida mediante las encuestas socioeconómicas no pueden ser confundidas con las tarifas a ser aplicadas por los servicios que se pretende implantar y que éstas no están aun definidas, pues los aspectos financieros serán solamente presentados en la próxima etapa del estudio.

En términos generales, todos los temas fueron abordados y el consorcio dio respuestas a las más variadas consultas y pedidos de aclaración, dejando como conclusión del Foro la opinión expresada por las autoridades más integradas al proyecto, la satisfacción de haber cumplido las etapas propuestas y haberse llegado a un consenso sobre las soluciones planteadas por el estudio, que corresponden a alternativas técnicamente viables, económicamente factibles y ambientalmente sostenibles, en la forma que se había solicitado al consorcio mediante la firma del contrato de servicios.

6.5 Identificación del Equipo de Profesionales y Funciones

- Ing. Casilda Saavedra Coordinadora del Estudio de Impacto Ambiental
- Dr. Edward Martin- Asesor del Estudio de Impacto Ambiental (por favor enviarme)
- Dr. Tito Almeida – Responsable de los estudios y análisis de impactos sobre la biología marina
- Lic. Graciela Palacios – Responsable de los estudios y análisis de impactos sobre la biología terrestre
- Dra. María Saavedra de Young- Responsable de los estudios epidemiológicos y salud de la población
- Lic. Roberto Pinnock – Responsable de las aplicación y análisis de los resultados de las encuestas a la población
- Lic. Aguilardo Pérez – Responsable de los estudios y análisis de impactos sobre los recursos arqueológicos
- Delft Hydraulics –Responsable de la modelación de la hidrodinámica y calidad de agua en la bahía
- Stanley Consultants- Responsable de la modelación de la capacidad de asimilación de los ríos