

**ANÁLISIS DE LAS POLÍTICAS Y PROYECTOS PARA SOLUCIONAR
LAS EXTERNALIDADES NEGATIVAS AMBIENTALES EN LA ZONA INDUSTRIAL DE MAMONAL
SOBRE LA BAHÍA DE CARTAGENA Y PROPUESTA PARA CORREGIR LOS COSTOS EXTERNOS**

Pinto Cataño, David Alfonso

Tesis propuesta para optar por el título de: Economista

Asesor:

David Díaz Florián

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

CARTAGENA DE INDIAS

MAYO DE 2006

CONTENIDO

	Pág	
Introducción	1	
0. Anteproyecto de Investigación	2	
0.1. Planteamiento del problema	2	
0.1.1 Descripción del problema	2	
0.1.2 Formulación del problema	16	
0.2 Objetivos de la investigación	17	
0.2.1 Objetivo general	17	
0.2.2 Objetivos específicos	17	
0.3 Justificación de la investigación	19	
0.3.1 Justificación práctica	19	
0.3.2 Justificación teórica	20	
0.4 Marco de referencia	20	
0.4.1 Marco teórico	20	
0.4.2 Marco conceptual	33	
0.5 Formulación de la hipótesis	49	
0.6 Diseño metodológico	51	
0.6.1 Tipo de investigación	51	
0.6.2 Población y muestra	52	
0.6.3 Diseño de muestreo	54	
0.6.4 Recolección y fuentes de información	55	
0.6.4.1 Técnicas de recolección de la información	55	
0.6.5 Procesamiento de la información	62	
1. Análisis de las Externalidades	64	
1.1 Contaminación industrial sobre la Bahía de Cartagena	64	

1.1.1 ¿Qué es contaminación?	64
1.2 Contaminación hídrica – conceptos específicos	68
1.3 Externalidades negativas producidas la contaminación hídrica emitida por las empresas de la ZIM a la BC	89
2. Descripción de las leyes, políticas, programas y planes ambientales 96	
2.1 Legislación y política ambiental	96
2.2 Convenio de Producción Limpia	117
3. Definición la regulación y alcances de la evaluación	122
3.1 Definición de la regulación y los instrumentos que se implementaron 122	
3.2 Delimitación de la regulación, los instrumentos y ámbito territorial donde serán activos 125	
3.3 Identificación de los principales agente involucrados	125
3.4 Identificación preliminar de impactos económicos metodologías y requerimientos de información	129
3.5 Delimitación del análisis, acotar los agentes y las áreas geográficas a considerar	132
3.6 Grado de profundidad y simplificaciones	133
3.7 Situación base	134
3.7.1 Año base – 10% de reducción 1995 – 1996	149
3.8 Definición de opciones para la ZIM	154
3.9 Evaluación de costos	158
3.10 Evaluación de beneficios	161
3.10.1 Beneficios de la implementación del CCPL	161
3.11 Efectos recreacionales	164
3.12 Análisis de viabilidad del proyecto CCPL	180
4. Generación y evaluación económico-social del autor	184
4.1 Definición del problema y de los alcances de la evaluación	184

4.1.1 Definir la regulación y los instrumentos	184
4.1.2 Delimitar la regulación, los instrumentos y el ámbito territorial donde serán activas	185
4.1.3 Identificar los principales agentes involucrados	185
4.1.4 Definir las respuestas esperadas de los agentes afectados como consecuencia de la regulación	88
4.1.5 Identificación preliminar de impactos económicos, metodologías y requerimientos de información	189
4.1.6 Delimitar el análisis: acotar los agentes y las áreas geográficas que serán consideradas	193
4.1.7 Supuestos importantes que se utilizarán	195
4.1.7.1 Supuestos internos de la	197
4.2 Definición de situación base actual	197
4.2.1 Definición de situación base proyectada	199
4.3 Definición de opciones para las fuentes	201
4.3.1 Definición de escenarios	205
4.4 Identificación de los impactos ambientales	207
4.4.1 Identificación de impactos económicos	210
4.4.2 Determinación de impactos relevantes	218
5. Evaluación de Beneficios Propuesta	220
5.1 Viabilidad del Plan de Descontaminación de la BC	229
6. CONCLUSIÓN	233
ANEXOS	235
Bibliografía y fuentes	238

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Distribución porcentual por sectores de la población
133
- Figura 2. Distribución porcentual por sectores de la muestra
134
- Figura 3- Comparación de indicadores de coliformes fecales 1996, 1997 y 2001
- Fuente: CARDIQUE
137
- Figura 4- Tráfico marítimo en Cartagena – Fuente: CIOH
138
- Figura 5 – Diagnóstico ambiental del sector pesquero - Fuente: CARDIQUE
143
- Figura 6 – Diagnóstico ambiental sector manufacturero- Fuente: CARDIQUE
144
- Figura 7 – Diagnóstico ambiental sector petroquímico - Fuente: CARDIQUE
145
- Figura 8- Diagnóstico ambiental sector eléctrico – Fuente: CARDIQUE
145
- Figura 9 – Cumplimiento en el sector de alimentos – Fuente: CARDIQUE
150
- Figura 10 - Cumplimiento en el sector manufacturero – Fuente: CARDIQUE
150
- Figura 11- Aporte de carga kg/día de DBO por año – Fuente: CARDIQUE
151
- Figura 12- Aporte de carga kg/día de hidrocarburos por año – Fuente: CARDIQUE
152
- Figura 12- Aporte de carga kg/día de SST por año – Fuente: CARDIQUE
153
- Figura 12- Aporte de carga kg/día de A yG por año – Fuente: CARDIQUE
153
- Figura 12- Aporte de carga kg/día de Fenoles por año – Fuente: CARDIQUE
154
- Figura 16. Esquema de proceso del Sistema DADO 202

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1- Formulación de hipótesis
50
- Tabla 2 - Procesamiento de la información
63
- Tabla 4. Niveles permisibles de mercurio en diferentes países del mundo, Fuente: CIOH
92
- Tabla 5- Niveles permisibles de mercurio en diferentes países del mundo
Fuente: Decreto 1594 de 1984
106
- Tabla 6 – Niveles permisibles de contaminantes en los cuerpos de agua para el uso recreativo primario y secundario- Fuente: Decreto 1594 de 1984
107
- Tabla 7- Parámetros físico químicos de un ecosistema estuarino – Fuente: CIOH
140
- Tabla 8 – Situación base de contaminación en 1995– Fuente: ANDI
148
- Tabla 9. Flujo de Caja a precios económicos de 19 empresas pertenecientes al CCPL – Calculados por el investigador
158
- Tabla 10. Razones precio cuenta relevantes para el Convenio de Concertación para una Producción Limpia (CCPL). Fuente: Bello et al 1990
160
- Tabla 11 – Beneficios obtenidos por la ZIM debido a la implementación del CPL - Fuente: ANDI
162
- Tabla 12. Vector de niveles de precio y submuestras
173
- Tabla 13. Variables del modelo log-probit
177
- Tabla 14. Estimación de la regresión – Elaborado por el autor, utilizando E-Views 4
179
- Tabla 15. Beneficios estimados del turismo. Calculado por el autor.
180
- Tabla 17- Descripción de mantenimiento
211
- Tabla 18 – Descripción y costo de mantenimiento
212

Tabla 19- Costos de implementación del Sistema DADO en el escenario tres
216

Tabla 20. Estimación de la regresión
221

Tabla 21- Actividad económica – Elaborado por Bello et al
222

Tabla 22 – Descripción y costo del Sistema DADO
222

Tabla 23 – Descripción de costos y mantenimiento, escenario uno
225

Tabla 24 - Descripción de costos y mantenimiento, escenario tres
227

INTRODUCCIÓN

En este trabajo de grado se realizó un análisis de las leyes y proyectos concernientes a problemas ambientales de contaminación hídrica, aplicables al caso puntual de la Bahía de Cartagena. Luego se caracterizaron las externalidades negativas ambientales producidas por la contaminación de la zona industrial mamonal y su influencia, negativa, sobre las actividades turísticas desarrolladas en la Bahía de Cartagena.

Se realizó un análisis costo – beneficio para determinar la viabilidad del Convenio de Concertación para una Producción Limpia, siendo esta, entre las leyes y proyectos analizados la opción con la mayor disponibilidad de información para el óptimo desarrollo de la metodología.

A demás se realizó una propuesta consistente en un plan de descontaminación, basado en un cronograma de reducción de descargas de materia orgánica y sólidos suspendidos totales. Los porcentajes de reducción están basados en esquema de entradas paulatinas de las distintas empresas dentro del plan de descontaminación. Dentro de este ejercicio teórico se supone un sistema de digestión anaerobia de desechos orgánicos para llevar a cabo la reducción de las descargas. Se llevó a cabo un análisis costo-beneficio para obtener pruebas cuantitativas de esta propuesta.

0. Anteproyecto de Investigación

0.1. Planteamiento y Formulación del Problema

0.1.1. Descripción del Problema

Cartagena de Indias por su excelente ubicación en la Costa Caribe ha facilitado la creación y el desarrollo del sector industrial y la actividad portuaria y turística.

La Bahía de Cartagena (BC) es el cuerpo de agua más importante de la ciudad, debido a su localización geográfica estratégica, se ha convertido en el motor de la industria y puerto de la Heroica.

La Bahía le brinda a Cartagena más de 18 km de terrenos para la actividad industrial, facilitando el servicio portuario marino y el acceso fluvial. Sobre estos 18 km se asienta la industria de la ciudad, que está conformada por dos modelos industriales:

- La Zona Franca Industrial de Cartagena
- La Zona Industrial de Mamonal (ZIM)

Dentro de estas dos zonas industriales se hallan ubicadas aproximadamente 100 empresas.

El desarrollo industrial en Cartagena comienza en 1923 cuando la Andian National Oil Company se estableció en la ciudad, en el área de Mamonal, después de construir el oleoducto Barrancabermeja – Cartagena. Durante mucho tiempo la actividad principal de la zona fue la carga y descarga de crudo a buques cisterna.

En 1957 se construyó la refinería de Intercor¹, lo cual le dio el verdadero desarrollo industrial a Cartagena. Se generó la formación de nuevas empresas relacionadas con el sector petroquímico y le dieron auge al sector de Mamonal, donde se ubicaron todas.

La BC les permitía la carga y descarga de combustibles, las actividades portuarias y la utilización de materia prima, productos y subproductos que la refinería les suministraba.

Fue la Ley 81 de 1960 la que le terminó de dar el empujón industrial a la ciudad, ya que eximió el pago de impuestos de renta y complementarios a todas las industrias que se establecieran en la ciudad por un período de 10 años.

Hacia los años ochenta la Zona Industrial de Mamonal (ZIM) empezó a crecer vertiginosamente, de 10 empresas petroquímicas, pasó a tener en 1985, 39 industrias y 14 empresas comerciales.

¹ En las instalaciones de la Andian. Se convirtió en ECOPETROL a partir de 1974.

Como se anotó anteriormente, la industria de Mamonal se divide en dos modelos industriales.

La Zona Franca Industrial² tiene ubicadas las industrias que están destinadas a la exportación. Por supuesto, está ubicada sobre la Bahía en el sector de Mamonal y alberga industrias pertenecientes a sectores de alimentos, químicos y productos de madera.

Por otra parte, la ZIM está especializada en la producción de materias primas industriales para empresas de los sectores químicos, plásticos y petroquímicos. También hay empresas dedicadas a la actividad del mar como, constructoras y reparadoras de buques, camaroneras y pesqueras.

La ZIM es de suma importancia a nivel nacional, ya que alberga las industrias de mayor relevancia en el ámbito económico del país. En la ZIM se produce aproximadamente el 5% del PIB industrial colombiano.

Dentro de ella están ubicadas empresas de las siguientes actividades industriales:

- Industrias de bebidas no alcohólicas
- Industrias de fabricación de productos alimenticios
- Industrias de cuero y sus productos y subproductos
- Industrias de fabricación de sustancias químicas industriales

² Pertenece al Ministerio del Interior como una dependencia pública.

- Refinería
- Industria de fabricación de polímeros
- Industrias metalmecánicas
- Industrias constructoras y reparadoras de buques
- Industrias agroquímicas
- Industrias de petroquímicas
- Industrias de generación de energía

Así mismo, la ZIM se clasifica de acuerdo a su uso industrial, el cual se categoriza por el tamaño de la empresa y los residuos contaminantes que producen en sus procesos industriales. De acuerdo a esto, su clasificación es la siguiente:

- Industria liviana
- Industria mediana
- Industria pesada

Geográficamente están ubicadas a lo largo de la Bahía de la siguiente manera:

- Industria liviana: al norte de Albornoz, en la zona noroccidental de la Bahía, al sur de Manga y al occidente de las Lomas de Mamonal.
- Industria mediana: al sur de Albornoz, al costado occidental de la Bahía, entre la zona de Industria liviana y pesada, y al sur del barrio Policarpa.

- Industria pesada: en las Lomas de Mamonal.

La Zona Industrial de Mamonal (ZIM) tiene 2714.2 hectáreas, de estas 2189 pertenecen a la industria pesada y las 525.2 restantes a la industria liviana y mediana.

La refinería tiempos atrás, fue la industria de mayor relevancia, siendo el eje central ECOPETROL. En la actualidad, la refinería sigue manteniendo un alto nivel de importancia, aunque le han cedido el paso a las industrias de químicos y polímeros.

ECOPETROL sigue manteniendo un gran peso en la economía del país. En 1999, sus muelles movilizaron el 46% del total del comercio exterior del puerto de la ciudad. A su vez, el crecimiento de los sectores como los productos químicos y plásticos generaron el 56% de la producción industrial de Cartagena, entre 1969 y 1995³.

Sin embargo, estos sectores y la refinería son los que menos generación de empleo le brindan a la ciudad. Su representación en el mercado laboral es mínima; de 100 personas de la población económicamente activa en la ciudad, sólo 2.2 personas están empleadas en la ZIM. Así, otros sectores económicos de la ciudad, como el turismo, lo superan ampliamente.

³ BÁEZ, Javier Eduardo; CALVO, Haroldo. *La Economía de Cartagena en la segunda mitad del siglo XX: Diversificación y rezago*. Series de Estudios Sobre La Costa Caribe. Departamento de Investigaciones, Universidad Jorge Tadeo Lozano Seccional del Caribe. Cartagena de Indias, 1999.

La Zona Industrial de Mamonal (ZIM), también es causante del deterioro ambiental en las áreas aledañas al sector y sobre los recursos naturales que son empleados por las empresas.

Los residuos de la producción de estas industrias han impactado negativamente en los ecosistemas del área, afectando los manglares, especies animales y vegetales, la atmósfera, el suelo y por supuesto, los cuerpos de agua adyacentes, los arroyos que atraviesan la ZIM y la Bahía de Cartagena que es utilizada como vertedero por las empresas.

Como se mencionó anteriormente, la Bahía es el cuerpo de agua más importante de la ciudad. Y es absolutamente necesario para la producción de la ZIM.

Inicialmente la Bahía de Cartagena era un cuerpo de agua marino, de origen arrecifal, actualmente es un estuario debido a la desembocadura del Canal del Dique. Su composición marina ha desaparecido casi por completo. Hoy en día no se encuentran corales vivos, el agua es turbia y su fondo lodoso, esto debido a la alta contaminación.

A penas se evidencia la existencia de arrecifes y corales, los restos de estos se pueden encontrar esporádicamente a lo largo de la orilla de la Isla de Tierra Bomba y en las islas aledañas.

La Bahía de Cartagena esta circunscrita a las zonas bajas continentales de la región, desde Mamonal hasta El Laguito y por el extremo norte de la Isla de Barú y la Isla de Tierra Bomba.

Este cuerpo de agua se divide en dos bahías:

- La Bahía interna, ubicada al noroccidente del área, tiene una extensión aproximada de 4.5 Km².
- La Bahía externa, está localizada al suroccidente de esta y cuenta con cerca de 82 Km².

La BC cuenta con una profundidad máxima, aproximada, de 36 m y una profundidad media de 16 m.

Tiene dos bocas de oxigenación con el Mar Caribe, Bocagrande y Bocachica. Además tiene un canal de acceso navegable de aproximadamente 500 metros y cerca de 13 m de profundidad media.

Alrededor de la Bahía está ubicado el 70% de la población de la ciudad. Cartagena le da diversos usos a este cuerpo de agua, que serán explicados a profundidad en el Marco Conceptual.

Entre los usos que se le dan a la BC, se destaca el portuario, el receptor de residuos industriales y el turístico. Estos tres usos son las que interesan a este trabajo de grado, sobre todo el de vertimiento industrial.

La Bahía de Cartagena está gravemente contaminada y su estado es crítico, tanto así que amenaza su base natural; a mediano plazo, puede llevar al cuerpo de agua a un punto ambiental de no retorno.

Según el informe del Plan de Ordenamiento Territorial⁴, en 1998 la situación del ecosistema marino era crítica, la demanda bioquímica del oxígeno, por la contaminación, alcanza de 600 a 800 mg/m²/día en meses húmedos y la concentración de oxígeno disuelto es igual o menos a 1 mg/lit, muy inferior a la exigida por el cuerpo de agua.

Cardique identifica cuatro fuentes principales que producen la contaminación en la Bahía:

1. Aguas servidas urbanas: desde los años cincuenta⁵, en la Bahía se vierte el 40% de estos desechos, sin ningún tipo de tratamiento. La descarga se hace a través de un emisario submarino que tiene 800 metros de largo y esta ubicado frente a la Isla de Manzanillo.

⁴ Estudio realizado por la firma Hazen & Sawyer en 1998.

⁵ Ambientronika LTDA. Estudio presentado a CARDIQUE. Diseño de la red de calidad de agua del distrito de Cartagena – Convenio SECAB 090/98 – Contrato 003/99 – Reporte final. Cartagena de Indias, 1999.

Asimismo, los residuos patógenos de los centros hospitalarios de la ciudad, son vertidos en el cuerpo de agua, a través de las alcantarillas, sin recibir ningún tipo de tratamiento⁶.

2. Contaminación por aportes del Canal del Dique: el Canal del Dique ha sido uno de los principales causantes del cambio del ecosistema, transformando la Bahía en un estuario con grandes aportes de agua dulce y materiales de suspensión. Esto ha alterado notablemente la salinidad, la oxigenación y muchos parámetros físicos, químicos y biológicos de este ecosistema marino.
3. Operaciones de muelles y derrames de buques: Cartagena es uno de los principales puertos del país. En la Bahía se localizan 2 terminales de carga general, el muelle turístico, una terminal especializada en productos químicos y 56 terminales de usos portuarios, industriales y comerciales.

Esta actividad portuaria ocasiona en la Bahía, vertimientos oleosos, químicos y de otras sustancias. A través de una contaminación no puntual por derrame accidental de sustancias petroquímicas (tanto en el proceso de carga como en el de descarga), sustancias químicas e inorgánicas. También por una contaminación puntual por vertimientos voluntarios de combustible, desechos orgánicos, aguas sucias y setinas por los buques fondeados y no fondeados. Además de esto, hay

⁶ Aún no se tienen datos estimados, pero las instituciones ambientales afirman que los vertimientos son de un número considerable.

instalaciones portuarias inadecuadas para la recepción de residuos sólidos y líquidos de los buques.

4. Vertimientos industriales: la contaminación de la Bahía por parte de los derrames de residuos comenzó en los años cincuenta⁷. Cuando se empezaron a verter las aguas servidas urbanas y los desechos industriales. Como ya se mencionó antes, la Zona Industrial de Mamonal (ZIM) es la responsable del vertimiento de residuos líquidos provenientes de su actividad industrial.

Estas empresas vuelcan el 100% de sus desechos y algunos sin tratamiento. Actualmente el 30% de las empresas de la ZIM están siendo controladas ambientalmente por Cardique. Sin embargo, esto no es suficiente, ya que el nivel de contaminantes persistentes y tóxicos arrojados a la Bahía son muy altos; este cuerpo de agua cada vez se deteriora más, actualmente las autoridades ambientales consideran que su estado es crítico.

En cifras, la ZIM aporta los siguientes contaminantes al día, de la carga habitual de contaminación⁸:

- Materia orgánica: 6.02 Tonelada/día
- Nutrientes: 309 Tonelada/día

⁷ Ambientronika Ltda., Op. Cit. , p. 9

⁸ Diseño de la Red de Calidad de Agua del Distrito de Cartagena. Convenio SECAB – 090/98. Contrato 003/99, Reporte Final. Hecho por Ambientronika para Cardique en 1999.

- Combustibles: 87% de la Tonelada/día
- Carbonatos, amoníaco, fenoles, aguas calientes y otros contaminantes industriales: 80% de la Tonelada/día.

Con esto se evidencia, el problema de los comunes que presenta la Bahía. Los diferentes usos que le dan las instituciones, personas y empresas están acabando con el recurso natural; estos usuarios, no consideran la capacidad limitada de este ecosistema marino, degradándolo.

La contaminación se divide en puntual y no puntual, siendo la primera hecha de manera directa y voluntaria, y la segunda indirecta e involuntaria (accidental); A su vez, los contaminantes se clasifican en degradables y persistentes⁹.

Teniendo esto en cuenta, podemos definir el problema de la contaminación del cuerpo de agua.

Las sustancias contaminantes principales que se encuentran en la Bahía son:

- Coliformes¹⁰: estos actúan como microorganismos patógenos. Las bacterias son consideradas contaminantes degradables y los virus persistentes de alta peligrosidad. A mediano plazo, se estima que la Bahía pueda ser un foco transmisor de enfermedades como el cólera, la disentería, enfermedades gastrointestinales y dermatológicas, entre

⁹ Degradables son aquellos que se eliminan en corto tiempo del cuerpo de agua y persistentes son aquellos que tardan muchísimo tiempo en desaparecer ó que sencillamente no se eliminan del ecosistema marino.

¹⁰ Por vertimientos de aguas servidas no tratadas.

otras. Esto tiene un impacto directo sobre la salud de la población local y turística. Amenazando la sostenibilidad de las actividades económicas que se derivan del turismo.

- Temperatura del agua: la entrada de aguas calientes provenientes de la producción industrial de Mamonal, tiene efectos de alta magnitud sobre los ciclos de vida de la fauna marina, también provoca un decrecimiento de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua y tiende a aumentar la cantidad de contaminantes porque retrasa su proceso de degradación, afectando las fases de autopurificación del cuerpo de agua.
- Sólidos: incluyen sólidos sedimentales suspendidos y disueltos. Los primeros determinan la turbiedad del agua y afectan el proceso fotosintético.
- Nitrato amoniacal: producido por el aporte de materia orgánica y residuos industriales como nitritos y amoníacos. Este contaminante puede ser altamente tóxico, si se encuentra en concentraciones elevadas, le da al agua un sabor desagradable y es responsable de la muerte de grandes cantidades de peces, ya que impide su proceso de respiración.
- Fenoles: estos son directamente causados por los residuos industriales. Tienen una acción tóxica directa, como neurotóxicos, sobre organismos vivos; les causa la muerte por parálisis. Actualmente es también

responsable de la muerte de numerosos peces. Es altamente tóxico para el ser humano de dos formas: si se consume peces contaminados con fenoles y en un mediano plazo (continuando con el ritmo de contaminación actual) puede causar toxicidad directa al usar la Bahía como balneario.

- Hidrocarburos: estos contaminantes son también causados por la producción industrial y el uso portuario. Proviene de fábricas de gases, gases de combustión, petróleo, kerosene, gasolina, aceites, lubricantes, entre otros. Suelen ser contaminantes más persistentes que degradables, dependiendo su alta persistencia de la concentración. Los hidrocarburos impiden la oxigenación del agua y dificultan de manera grave su autodepuración. Le confiere a la Bahía olores y sabores altamente desagradables, dificultando con esto su uso estético y de balneario, porque deteriora el paisaje. También intoxica la fauna acuática y es de altísima toxicidad para el consumo humano accidental (uso balneario) ó voluntario (uso doméstico por comunidades pobres aledañas).

Intoxica los peces, produciendo su muerte por asfixia, a demás de ocasionarles narcosis y anestesia, deteriorando de manera crítica la actividad pesquera. También obstruye la posibilidad de la realización de actividades recreativas y a mediano plazo puede dificultar la navegación.

De acuerdo a lo anterior, se puede establecer que el uso turístico que se le da a la Bahía en un mediano plazo debe ser restringido totalmente, debido a los altos niveles de toxicidad, que ponen en peligro directo la salud de turistas y de la población local, que utiliza la Bahía de Cartagena para actividades recreativas.

Cartagena es reconocida nacional e internacionalmente por el turismo de Sol y Playa. Durante muchos años, este tipo de turismo era el punto fuerte de la ciudad. Actualmente Cartagena se está posicionando en otros tipos de turismo, como de negocios, histórico y cultural; sin embargo estas clases de turismo terminan fundamentalmente sobre la base de Sol y Playa.

Al ser la Bahía el principal cuerpo de agua de la ciudad, éste representa una alta opción de balneario para turistas y locales. Pero su situación de contaminación crítica, en mediano plazo, puede eliminar por completo la opción de darle uso turístico de balneario a muchas playas de la ciudad.

Paradójicamente, los entes gubernamentales locales ven a la Bahía como un factor propiciador del desarrollo turístico. En informes como el Plan de Ordenamiento Territorial realizado por la Alcaldía, plantean que una de las fortalezas actuales de la ciudad, es la utilización de la Bahía para actividades recreativas.

Pero los altos niveles de contaminación no permitirán que la ciudad se siga proyectando turísticamente de esa manera, dañando así su reputación a nivel nacional e internacional; sobre todo teniendo en cuenta, el auge que esta teniendo el ecoturismo y la conciencia ambiental.

Organismos como CARDIQUE, a través de sus investigaciones científicas, han determinado que la Bahía de Cartagena actualmente no es apta, en algunas zonas, para el uso primario; y que en un mediano plazo, toda la Bahía no cumpliría con los criterios de calidad necesarios para el uso de balneario y recreativo, por la alta contaminación de sustancias como fenoles e hidrocarburos, contaminantes causados principalmente por la actividad productiva de la ZIM.

0.1.2 Formulación del Problema

¿Cuáles son los efectos que provocan sobre el sector turístico, las externalidades ambientales negativas, debido a la contaminación de la Bahía de Cartagena producida por la ZIM?

¿Cuáles son los costos y beneficios de la implementación de proyectos para corregir la contaminación hídrica en la Bahía de Cartagena, la cual provoca perjuicios económicos y sociales a la actividad turística?

¿Cuál es la viabilidad de la aplicación de la legislación existente para corregir los daños causados al ecosistema marino provocados por la actividad productiva industrial?

¿Cuáles es la viabilidad, los costos y beneficios de la aplicación de la propuesta generada por el investigador, para reparar la contaminación hídrica de la Bahía de Cartagena, provocada por la actividad productiva industrial, que afecta el sector turístico?

0.2. Objetivos de la investigación

0.2.1. Objetivo General

- Proponer una solución para resolver las externalidades negativas ambientales (ENA) producidas por la ZIM, sobre la Bahía de Cartagena, que causan costos externos en el turismo de la ciudad.

0.2.2. Objetivos específicos

- Identificar los factores industriales internos que generan la contaminación de la Bahía de Cartagena (BC).
- Caracterizar las externalidades negativas ambientales que produce la Zona Industrial de Mamonal sobre la Bahía de Cartagena.

- Identificar la legislación creada en Colombia para corregir la contaminación hídrica, producida por zonas industriales, que se apliquen a la Bahía de Cartagena.

- Analizar los proyectos o propuestas existentes para resolver la contaminación hídrica provocada por la ZIM sobre la Bahía de Cartagena.

- Evaluar cuales de las externalidades negativas ambientales (ENA) producidas por la ZIM sobre la BC afectan al turismo en la ciudad.

- Determinar como estas ENA afectan el turismo en Cartagena.

- Determinar la viabilidad de las políticas y proyectos existentes para corregir la contaminación hídrica que la Zona Industrial de Mamonal (ZIM) produce sobre la Bahía de Cartagena, a través de un análisis costo – beneficio y su impacto sobre la industria del turismo.

- Evaluar económica y socialmente la propuesta generada dentro del trabajo de grado.

0.3. Justificación de la investigación

0.3.1. Justificación práctica

La motivación principal para realizar este trabajo de grado, es la aplicación de diferentes teorías y metodologías vistas a través de la carrera, en la caracterización y solución de un problema de economía ambiental en la ciudad de Cartagena, que nos atañe a todos; y por el cual se puede observar que todavía esta vigente el axioma principal de la carrera: maximizar el uso de recursos escasos entre diferentes alternativas. En este caso en un bien ambiental como la Bahía de Cartagena.

Esta investigación es de gran importancia para la ciudad de Cartagena de Indias, porque arroja resultados que reflejan cómo los vertimientos industriales sobre BC, afectarán en el mediano plazo al turismo. Siendo este último, un sector vital para la economía de la ciudad y una de las razones por las que es reconocida.

El estudio es relevante porque explicará, si las leyes, organismos e instrumentos que crean para corregir los problemas ambientales de Colombia, son los adecuados para resolver la contaminación en la Bahía de Cartagena, generada por la ZIM. Los resultados de este ejercicio teórico podrán ser utilizados tanto por instituciones públicas como entes privados para su aplicación, no sólo en el entorno de la ciudad de Cartagena, sino en cualquier entorno similar.

0.3.2 Justificación Teórica

En este trabajo de grado, se pretende abordar la teoría del bienestar, aplicada para desarrollar el análisis costo-beneficio sobre las diferentes políticas y proyectos, y la propuesta generada con el objetivo de verificar su viabilidad.

Además, se utilizarán diferentes conceptos de la economía ambiental, para llevar a cabo la caracterización de los diferentes problemas de contaminación industrial que se desarrollan alrededor de la Bahía de Cartagena.

0.4. Marco de Referencia

0.4.1 Marco Teórico

Son muchas las instituciones, fundaciones y organismos gubernamentales y no gubernamentales que a nivel internacional se preocupan por el impacto que la contaminación provoca sobre los ecosistemas acuáticos. Se han identificado cuatro razones principales que motivan esta conciencia ambiental por parte de dichas organizaciones:

- Destrucción del medio ambiente acuático: desde la muerte y desaparición de la fauna y la flora, hasta el cambio total de la composición original del cuerpo de agua.

- Impacto directo sobre la salud del ser humano: los niveles de contaminación, en algunos cuerpos de agua de Suramérica, han llegado a ser tan altos que han afectado de manera directa la salud de la población. Esto ha servido como alerta para prevenir y evitar futuras situaciones similares.
- Deterioro paulatino de las actividades económicas que el cuerpo de agua le brinda a la población: se identifican dentro de estas actividades a la pesca y al turismo como las más perjudicadas.
- Impulsar un desarrollo económico sostenible en las comunidades aledañas a los cuerpos de agua. Teniendo como base tres objetivos fundamentales: el crecimiento económico, lograr la igualdad social y la sustentabilidad ambiental.

Bajo estos cuatro parámetros se expondrán casos de contaminación hídrica en cuerpos de agua ocurridos en Latinoamérica, las causas y los efectos de dicha contaminación y las posibles soluciones planteadas por organismos, fundaciones y el gobierno de dichos países. También se expondrán casos de contaminación hídrica en Colombia y las estrategias implementadas para solucionarlos.

En la ciudad Ocho Ríos – Jamaica, del 19 al 23 de febrero de 2001, se realizó *la Primera Reunión del Comité Asesor Científico y Técnico Interino (ISTAC) del Protocolo Relativo a la Contaminación Procedente de Fuentes y Actividades Terrestres en la Región del Gran Caribe*. Convocada por las **Naciones Unidas**.

A esta reunión asistieron más de 40 organizaciones, fundaciones e instituciones encargadas del cuidado del medio ambiente marino. El objetivo de la reunión fue adoptar medidas adecuadas para prevenir, reducir y controlar la contaminación en los países del Gran Caribe, causada por la evacuación de desechos en las zonas costeras, descargas provenientes de ríos, estuarios, establecimientos costeros, industrias, instalaciones de desagüe u otras fuentes situadas sobre las costas.

Dentro de esta reunión se tomaron decisiones sobre diversos proyectos de descontaminación y recuperación de cuerpos de agua, que comenzaron a realizarse desde el 2001.

Dos de estos proyectos son de relevancia para este trabajo de grado. Los cuales son: *Vulnerabilidad de ecosistemas marinos costeros a hidrocarburos - Caribe Sur de Costa Rica* y *Capacitación para la Rehabilitación de Bahías Contaminadas (Proyecto GEF)*. Este último será el primero que abordaremos.

A principio de los años noventa el *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo* (PNUD), emprendió una serie de estudios de costo - beneficio para la posible rehabilitación de 4 bahías muy contaminadas en el Gran Caribe.

Estas cuatro bahías fueron de las siguientes ciudades: La Habana (Cuba), Cartagena de Indias (Colombia), Kingston (Jamaica) y Puerto Limón (Costa Rica).

Estos estudios demostraron que las cuatro bahías presentaban niveles de alta contaminación por nutrientes, DBO, sólidos suspendidos y dos de las 4 (Cartagena y Puerto Limón) por hidrocarburos. Después del informe final de los estudios el PNUD aprobó el financiamiento del proyecto de rehabilitación de dos de las cuatro bahías: Kingston y La Habana. Lo que determinó la implementación del proyecto en esas dos bahías fue la alta contaminación que presentaban en aguas servidas urbanas.

La ejecución del proyecto aún se está llevando a cabo con éxito en ambas ciudades.

El primer paso efectuado para la ejecución del proyecto fue la confirmación de las prioridades entre las fuentes contaminantes y sus descargas al cuerpo de agua; a su vez, categorizar y detallar dichas fuentes, tanto las antiguas ya existentes, como las posibles emergentes debido al desarrollo de la ciudad y a otros factores.

El segundo proyecto a abordar es el de *Vulnerabilidad de ecosistemas marinos costeros a hidrocarburos - Caribe Sur de Costa Rica*. Antes de este proyecto se llevó a cabo un estudio por contaminación de hidrocarburos disueltos y dispersos en las 4 bahías antes mencionadas, esta investigación se llevó a

cabo entre 1981 – 1997, lo que permitió hacer una comparación de los niveles de contaminación por hidrocarburos entre los cuatro ecosistemas marinos y priorizar el proyecto en una de las cuatro bahías, por supuesto en la de niveles mas altos de contaminación. Así se determinó que la bahía de Puerto Limón (Costa Rica) era la que presentaba los niveles más críticos de contaminación, siguiéndola en orden de gravedad la Bahía de Cartagena, La Habana y por último la bahía de Kingston.

La situación contaminante entre Puerto Limón y Cartagena es muy similar. Ambas ciudades presentan niveles¹¹ de contaminación por hidrocarburos equivalentes, debido a que por su ubicación y repartición geográfica las dos bahía tienen una alta actividad portuaria, con mas de 30 puertos destinados a diferentes actividades industriales, y cuentan con una refinería a orillas del cuerpo de agua, que utilizan el ecosistema marino como muelle de carga y descarga de crudo y como vertedero de sus desechos industriales.

Pero, la diferencia que determinó la decisión de implementar el proyecto en Puerto Limón y no en Cartagena, fue que en la Bahía de Costa Rica se presentan altas cantidades de alquitrán con elevadas concentraciones en las playas de la ciudad. Lo que ocasiona un grave impacto sobre la salud de los turistas y habitantes de la localidad.

Como se evidencia dentro de los dos proyectos sobre bahía contaminadas, la Bahía de Cartagena ocupa puestos importantes entre los ecosistemas marinos

¹¹ Datos entre 1981 y 1997.

mas contaminados por acciones antropogénicas provenientes de aguas servidas y desechos portuarios e industriales. Los datos de los estudios de las Naciones Unidas son de la década de los noventa, nuestro cuerpo de agua en esos tiempos ocupaba, entre las 4 bahías, segundos y terceros puestos entre los altos grados de contaminación. Según CARDIQUE, los niveles de contaminación han aumentado y continúan elevándose, lo cual sugiere que a mediano plazo podríamos ser la bahía mas contaminada entre los 4 ecosistemas marinos mas contaminados de la cuenca del caribe, también teniendo en cuenta que en 3 de estas 4 bahía se están llevando a cabo proyectos de descontaminación por parte de las Naciones Unidas.

Por otro lado, debemos abordar situaciones de contaminación hídrica controladas por el gobierno y no por organizaciones no gubernamentales. Para esto citaremos el caso chileno.

En Chile, la Superintendencia de Servicios Sanitarios, el Servicio Agrícola y Ganadero y los Servicios de Salud de las ciudades de Valparaíso, San Antonio, Viña del Mar, Quillota y Aconcagua firmaron un convenio para implementar un *Manual de Procedimientos para el Control y Fiscalización de Aguas Residuales de la Quinta Región, resultantes de las plantas de tratamiento de de los procesos productivos industriales.*

El objetivo es controlar los niveles de contaminación producidas por estos vertimientos sobre las bahías y superficies marinas y continentales de las ciudades chilenas ya mencionadas.

Por lo tanto, el convenio establece la rigurosa fiscalización del cumplimiento del Decreto Supremo 90/00, el cual es una norma que regula los tipos de contaminantes y la concentración de estos, que deben ser vertidos en ríos, lagos y bahías de Chile. Asimismo, el convenio propició el planteamiento de compromisos ambientales por parte de las empresas que descargan residuos líquidos en las ciudades chilenas pertenecientes al acuerdo; estos compromisos ambientales serán rigurosamente vigilados por la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

El gobierno chileno considera que la firma de este convenio es una respuesta concreta a las necesidades ambientales del país, que van en consecuencia con los objetivos de modernización del estado y que, si se cumplen a cabalidad, recuperaran de manera exitosa los ríos, lagos y bahías contaminadas del país.

Para esto, el Estado estableció una serie de actividades concretas a realizar, las cuales son las siguientes:

1. Efectuar un catastro de las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas regionales.
2. Levantar un catastro de las actividades generadoras de *residuos líquidos por actividades productivas industriales (RLAPI)*.
3. Diagnosticar su situación actual.

4. Establecer su prioridad en función de criterios de riesgo para la salud de las personas y riesgo a los recursos naturales.

5. Generar un plan de fiscalización.

Como resultado del diagnóstico en cada ciudad, se estableció, por ejemplo, que la ciudad de Valparaíso tiene 80 industrias de las cuales sólo 25 disponen de un sistema de tratamiento de RLAPI autorizado.

Es interesante analizar estrategias gubernamentales como esta, que mediante actividades concretas establezcan metas reales de recuperación de sus cuerpos de agua contaminados. Es necesario que, así como en Chile, los gobiernos de los demás países se preocupen por lograr un equilibrio entre el crecimiento económico industrial, la equidad y la sustentabilidad ambiental, para mejorar los niveles de vida de los habitantes, para así lograr un verdadero desarrollo económico sostenible.

Bajo estos parámetros funcionan las economías de muchos países desarrollados, como Alemania, Suecia, República Checa... entre otros. Un caso atípico dentro de la región es el chileno, ya que por iniciativa gubernamental están buscando medidas para mejorar los estándares ambientales, para brindarles una mejor calidad de vida a sus ciudadanos.

Un caso completamente contrario a la búsqueda del desarrollo económico sostenible es el venezolano, ya que es desigual la búsqueda de este, dándole prioridad al crecimiento económico, brindándole en menos medida importancia a la equidad y olvidando por completo la sustentabilidad ambiental. En el hermano país existen dos ecosistemas acuáticos que presentan grandes niveles de contaminación debido a la acción antropogénica.

La contaminación hídrica del Lago Maracaibo es una de las más graves. Alrededor del Lago se han ocasionado una serie de actividades económicas en torno a la recreación, los residuos sólidos provenientes de esta labor han dañado el ecosistema acuático.

Sin embargo, este no es el único factor que ha contaminado el lago ni es el más importante. Este cuerpo de agua presenta altos niveles de contaminación por hidrocarburos, debido a la actividad petrolera.

Esto ha repercutido notablemente en el ecosistema, causando grandes mortandades de peces, destrucción de la flora y el uso de recreación que se le ha dado al Lago.

El impacto sobre la salud pública ha sido tan grave que ciertas zonas del Lago están prohibidas para usos como balneario, recreación y consumo de peces, porque se han presentado graves factores epidémicos.

En el Lago ha ocurrido una serie de derrames petroleros que han deteriorado las playas para su uso estético.

Los organismos ambientales venezolanos han identificado que la principal industria contaminante de la zona es el Complejo Petroquímico El Tablazo, el cual arroja grandes concentraciones de compuestos nitrogenados, de mercurio y de fenoles.

Otro ecosistema acuático gravemente contaminado es el Lago de Valencia. Es para los organismos ambientales la contaminación hídrica de más alto grado que se presenta en el país.

Este Lago es una cuenca endorreica, sin desagüe al mar, todos los desechos que se vierten allí no tienen posibilidad de ser evacuados hacia otros cuerpos de agua y su nivel de oxigenación es cada vez menor, lo que ha permitido una altísima acumulación de tóxicos contaminantes. Debido a todo esto, las autoridades ambientales declararon el Lago en estado de emergencia y prohibieron muchos de sus usos primarios y secundarios.

Son dos los factores que han contaminado de manera tan severa este ecosistema acuático. El vertimiento de aguas servidas sin tratamiento, provenientes de las poblaciones de Valencia, Maracay, Guacara y San Joaquín. Y el vertimiento de RLAPI de industrias como textiles, metalúrgicas, químicas, procesadoras de alimentos y ensambladoras, que están ubicadas alrededor del lago.

Lo más importante de estos casos venezolanos, es que, aunque el gobierno es consciente del grado de contaminación, los graves daños ecológicos causados y el peligro que representa para el uso humano, no se hace nada para remediar la contaminación. No se aplican políticas que restrinjan los residuos que se deben arrojar a estos cuerpos de agua y no existe una conciencia ambiental en las comunidades aledañas a estos ecosistemas acuáticos. Al Estado no le importa la calidad de vida de las poblaciones aledañas a estos dos cuerpos de agua. Olvidando por completo que es una obligación de la política económica asegurar el sostenimiento del ambiente para el bienestar de generaciones futuras, la sostenibilidad parte de la base de un compromiso con la equidad intergeneracional, una justa distribución de los beneficios y costos ambientales entre las generaciones.

Por otro lado, aquí en Colombia una gran parte de nuestro sistema hídrico andino esta en procesos serios de alteración, debido a factores como los sedimentos y sustancias tóxicas. Sobre todo en los ecosistemas acuáticos aledaños a corredores industriales. El gobierno ha identificado los siguientes:

- Bogotá – Soacha
- Medellín – Itagüí
- Cali – Yumbo
- Sogamoso – Duitama – Nobsa
- Cartagena – Mamonal

El IDEAM se ha encargado de realizar una serie de profundos estudios para determinar los factores de reducción de la oferta e indicadores de restricción del agua para diversos usos, debido a la calidad que presentan para el consumo humano, agrícola, pecuario e industrial; para con esto, mostrar la disponibilidad real del recurso hídrico.

Por lo tanto el gobierno desarrolló el programa *Hacia una Producción Limpia del Programa Nacional de Desarrollo El Salto Social*. Que tiene como objetivo reordenar los procesos productivos industriales hacia formas de gestión y de tecnología limpias. Esto aumentaría los niveles de eficiencia de los recursos energéticos e hídricos, ayudaría a sustituir los insumos, modificar los productos, optimizar los procesos y reducir la producción de desperdicios.

Sobre estas premisas el gobierno firmó, el 5 de junio de 1995, con el sector industrial, el *Convenio de Concertación para una Producción Limpia (CCPL)*. Que servirá para coordinar acciones orientadas a apoyar el control de la contaminación, la utilización de métodos de producción sostenible y la adecuada gestión pública. Para esto, el 10 de junio del mismo año, se suscribió con el Ministerio de Desarrollo Económico el *Convenio Inter – Administrativo de Sustentabilidad Ambiental*, que abrirían espacios de cooperación y apoyo entre gobierno - empresa y entre ellas mismas; asimismo, elaborar políticas de modernización y reconversión industrial.

Por otro lado, en el país también se desarrolló el *Plan Estratégico 1999-2004 del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar*. El cual tuvo como objetivo

central: *“plantear las directrices generales que debe seguir el país durante la los años 1999 - 2004 para llegar al siglo XXI con una capacidad científica y tecnológica marina que le permita aplicar los resultados de la investigación en la toma de decisiones acertadas sobre el mar y sus recursos para el desarrollo sostenible nacional”.*

Para esto, se desarrolló un análisis de los fenómenos contaminantes relacionados de manera directa ó indirecta con el ecosistema marino, bajo una concepción integradora del desarrollo sostenible, entre el hombre y su entorno sociocultural.

El resultado de este Plan Estratégico es la contribución hacia una exitosa inserción del ecosistema marino en la economía y desarrollo sostenible del país.

Los altos grados de contaminación presentados en los recursos marinos del país han degradado severamente los ecosistemas y sus recursos junto con los bienes y servicios que ofrecen.

Se identificaron como problemas reales y de alto impacto ambiental, los siguientes:

- Deterioro creciente de arrecifes coralinos: muerte masiva de corales y otros grupos de organismos asociados y disminución extrema de sus recursos pesqueros.

- Deterioro creciente de los sistemas estuarinos y lagunares costeros: contaminación, eutroficación, muerte o destrucción masiva de manglares y disminución y cambio en la calidad de sus recursos pesqueros.
- Contaminación de playas y de aguas de balnearios turísticos. Contaminación de la cuenca sur del Caribe por vertimientos de RLAPI y descargas del Río Magdalena.
- Insuficiente conocimiento del potencial y rendimiento máximo sostenible de los recursos pesqueros.

Una de las conclusiones más importantes obtenida del análisis realizado por el Plan Estratégico es que *la sostenibilidad de la actividad turística depende en gran medida de un ordenamiento de los ambientes y ecosistemas susceptibles de ser aprovechados por esta industria. Este ordenamiento a su vez, debe ser realizado con fundamento técnico y científico, lo cual implica el conocimiento del funcionamiento de los ecosistemas para determinar su capacidad de carga, fragilidad, capacidad de recuperación, y su valor en términos económicos, entre otros.* Conclusión que nos sirve como una de las premisas de la realización de este Trabajo de Grado.

0.4.2 Marco Conceptual

La economía es una ciencia que se encarga de buscar un óptimo manejo de los recursos escasos. Teniendo esto en cuenta, la economía estudia el cómo y

el por qué las personas¹² toman decisiones sobre el uso de recursos valiosos, a través de las funciones de utilidad, entendiendo estas como la representación de la conducta y preferencias del consumidor¹³.

Dentro de esta investigación se analizarán los problemas ambientales de la Bahía de Cartagena. La rama de la economía que se encarga de esto es la economía ambiental, esta se preocupa también en el cómo y por qué, anteriormente nombrado, pero de las decisiones humanas que tienen consecuencias ambientales en los recursos naturales, que son escasos y valiosos.

Pero no sólo esto atañe a la economía ambiental, sino también el estudio de las políticas e instituciones económicas, para cambiarlas y enfocarlas a equilibrar su uso y aplicación, disminuyendo ó evitando impactos ambientales.

Los bienes ambientales son públicos ó comunes, se entiende como bienes públicos aquellos que proporcionan beneficios no exclusivos a cualquier persona de un grupo¹⁴. Estos bienes no pertenecen a ningún individuo u

¹² Consumidores, organizaciones y firmas.

¹³ CASTRO, Raúl; MOKATE, Karen. *Evaluación económica y social de proyectos de inversión*. Ediciones Uniandes, 2003.

¹⁴ NICHOLSON, Walter. *Microeconomía Intermedia y sus aplicaciones*. Octava edición. Editorial Mc Graw Hill. Bogotá, 2001.

organización, sino a la sociedad en general, a generaciones presentes y futuras.

Como un bien común le pertenece a todos no puede ser excluyente, es decir, restringir, excluir ó limitar su uso.

En nuestro caso, la Bahía de Cartagena sería un bien común ó propiedad pública, con la característica de no excluyente y sin presentarse la característica de rivalidad. En el caso de esta última, analizaremos el uso de la Bahía como sumidero de desechos industriales de la ZIM. Teniendo en cuenta, que la capacidad de vertimiento de desechos a la Bahía de Cartagena de una empresa en particular, no disminuye ni aumenta, por la cantidad de desechos que simultáneamente boten otras empresas. La única manera de regular esto es cobrando por el derecho a usarlo. Estableciendo leyes ambientales de regulación.

Uno de los principales problemas de los bienes públicos es la falta de derechos de propiedad, lo que genera la carencia de un mercado que permita tranzar un bien, como consecuencia no existen los precios. Ocasionando esto fallas del mercado como los problemas de los comunes, que generan en nuestro caso externalidades negativas en el uso turístico que se le da a la Bahía de Cartagena, lo cual es el problema a analizar en este trabajo de grado.

El problema de los comunes, genera una demanda desmedida en el uso del recurso natural, esto es causado por una descoordinación entre los usuarios, quienes en nuestro caso serian las distintas empresas de la Zona Industrial de Mamonal (ZIM).

Esta demanda excesiva que las empresas de Mamonal hacen sobre la Bahía, como medio receptor de desechos, producen externalidades negativas a terceros, entendiéndose una externalidad como un efecto involuntario producido a terceros por una actividad voluntaria, realizada por una persona, empresa ó firma, que puede causar efectos tanto negativos como positivos.

La Bahía de Cartagena tiene diferentes tipos de usos, cada uno de estos ocasiona un grado de contaminación, que a su vez, produce una serie de efectos ambientales negativos (externalidades) sobre la Bahía misma y sobre diferentes comunidades, que se ven afectados entre si por las externalidades que producen cada uno.

Para poder abordar las externalidades negativas es necesario comprender el proceso de la contaminación.

La alteración nociva del medio ambiente es un proceso que deteriora los ciclos de la naturaleza. Esta alteración es provocada por los efectos de residuos procedentes de la actividad humana. Esto desgasta, reduce y ocasiona la desaparición de los recursos naturales que el hombre utiliza para su supervivencia.

Uno de estos recursos naturales, importante para el ser humano, es el agua. Esta es biológicamente necesaria para la vida y tiene un papel vital en la salud y bienestar del hombre y su entorno.

Las personas utilizan el agua para diferentes usos, como consumo, transporte, recreación y producción. En este último uso, su papel es esencial dentro de los procesos de producción industrial como insumo y como medio de eliminación de desechos. Es aquí, cuando se produce la contaminación hídrica, la cual deteriora los cuerpos de agua y los ecosistemas existentes en ellos.

La contaminación hídrica se cataloga de acuerdo a su naturaleza química y física, se divide así:

- Desperdicios orgánicos: desechos degradables (alcantarillado) y algunos desechos químicos.

- Sustancias inorgánicas: como metales, tóxicos, ácidos... entre otros.
- Contaminantes no materiales: calor o radioactividad.
- Agentes infecciosos ó patógenos: bacterias y virus.

La contaminación hídrica también se puede dividir de acuerdo al tipo de fuente contaminante. Existen fuentes puntuales y no puntuales.

Dentro de las puntuales están los vertederos industriales, desagües de alcantarillado, las corrientes de otros afluentes y los desechos domésticos.

Las no puntuales incluyen cualquier sustancia que de manera involuntaria, indirecta y accidentalmente llega al cuerpo de agua.

Ahora bien, dentro de estas fuentes se clasifican los tipos de emisiones contaminantes como: continuas y esporádicas.

Las continuas, como su nombre lo indica, son emisiones constantes de agentes contaminantes entre las que están: las operaciones de plantas industriales como las de la ZIM, sistema de alcantarillado y otros cuerpos de agua afluyentes como el Canal del Dique; las emisiones esporádicas son

accidentales y dentro de estas se incluyen: derrames de materiales tóxicos por accidentes de buques cisterna, expulsiones de contaminantes... entre otras.

Por otro lado, la contaminación hídrica se divide en: contaminantes degradables y persistentes. Los contaminantes degradables cuando se encuentran dentro del cuerpo de agua son sometidos a muchos procesos biológicos, físicos y químicos que cambian sus características después de la emisión. El ecosistema marino receptor transforma estos desechos de una manera más fácil y su tiempo de retención es relativamente corto. Dentro de los contaminantes degradables se incluyen agentes bacteriales infecciosos, el calor y algunos desperdicios orgánicos.

Los contaminantes persistentes son aquellos que permanecen un gran período dentro del cuerpo de agua, porque no son degradables o su tasa de degradación es demasiado lenta. Los contaminantes persistentes incluyen químicos orgánicos e inorgánicos, gran parte de los desechos industriales, de operaciones mineras, desperdicios radioactivos y los virus.

Estos contaminantes causan problemas de contaminación tóxica, lo cual significa que causan impactos directos sobre la salud y el bienestar de las personas que hacen uso del cuerpo de agua; asimismo, deterioran de manera grave el ecosistema marino. La toxicidad no sólo es ocasionada por la calidad

de persistentes de los contaminantes, sino también por la alta concentración de estos tóxicos y la poca capacidad de oxigenación del cuerpo de agua.

Teniendo esto en cuenta, la ZIM produce en la Bahía de Cartagena contaminantes orgánicos, inorgánicos y no materiales; su contaminación es puntual y mayoritariamente continua. Sus contaminantes son en alto grado persistentes, produciendo elevados niveles de toxicidad. Estos vertimientos industriales junto con los otros tipos de contaminación en la Bahía de Cartagena son los que han llevado a un grave deterioro a este cuerpo de agua.

Brevemente explicaremos los usos que se le dan a la Bahía de Cartagena, para poder abordar a profundidad las externalidades negativas producidas por estos.

Usos de la Bahía de Cartagena:

- Navegación
 - o Transporte de pasajeros y turistas
 - o Competencias deportivas

- Portuario
 - o Transporte de productos

- Carga y descarga de químicos y combustibles
 - Operaciones de muelles

- Pesquero
 - Pesca artesanal
 - Pesca de moluscos
 - Pesca deportiva

- Turístico
 - Balneario
 - Actividades recreativas y de esparcimiento.

- Estético

- Humano
 - Consumo de peces
 - Consumo doméstico

- Vertedero
 - Aguas dulces provenientes del Canal de Dique
 - Desagües de aguas servidas urbanas sin tratar
 - Desechos de las ZIM

De acuerdo a todo lo anterior, las externalidades por ser una falla de mercado, producen una mala asignación de recursos que representan una ineficiencia económica, en el sentido que las empresas no toman en cuenta los costos que producen a terceros, costos externos, para construir sus funciones de costo. Por esta razón, se presenta un desequilibrio entre el costo marginal del productor y el costo marginal social. Este desequilibrio se basa en que el costo marginal es mucho más alto, porque tiene en cuenta los costos externos, mientras que el costo marginal del producto no.

Aplicando este concepto a este trabajo de grado, se puede afirmar que las empresas de la ZIM sólo tienen en cuenta los costos de factores productivos, dejando por fuera de su función de costos, los costos externos que su contaminación causa a la industria del turismo. Estos efectos se explicarán con profundidad en capítulos posteriores de este trabajo.

Una condición de equilibrio para que exista eficiencia consiste en que el precio del mercado sea igual al costo marginal. En este caso:

$$p = IMgl = CMgl_{privado} \neq CMgl_{social}$$

Donde **p** es el precio, **IMgl** es el ingreso marginal, **CMgl** es costo marginal.

Esto causa que las empresas produzcan una cantidad mayor de lo que la gente esta dispuesta a comprar. Situación tal que produce ineficiencia económica.

Como se mencionó anteriormente, los recursos ambientales por ser bienes públicos o meritorios no se tranzan en el mercado y no tienen un precio. Esto causa ineficiencia en la asignación de recursos. Para tratar de solucionar este problema se utiliza el concepto de disposición a pagar (**DAP**), que es lo que se esta dispuesto a sacrificar de su dotación inicial o de los recursos iniciales que se poseen para obtener un bien o servicio que nos proporcione por lo menos igual bienestar o utilidad.

En el caso de los recursos naturales, y más específicamente en el de la Bahía de Cartagena, es lo que el sector turístico estaría dispuesto a pagar por recuperar un nivel de calidad anterior en el cuerpo de agua, que permita el óptimo desarrollo de su actividad. Sin dejar de lado, que si se continua contaminando indiscriminadamente se llegará a un punto de no retorno, llamado base natural, que es la reserva que se debe tener como mínimo si se desea recuperar un recurso natural como la Bahía de Cartagena.

Las políticas ambientales tienen como objetivo prevenir y corregir la externalidades negativas que produce la contaminación de la ZIM sobre la Bahía de Cartagena, hecho que va en detrimento de la actividad turística.

El ámbito de la política económica sería entonces el manejo sostenible del espacio para disposición final de residuos, es decir, la utilización de la Bahía de Cartagena como sumidero de desechos industriales.

Se utilizan dos categorías que son:

1. Instrumentos de regulación y control. A la cual pertenecen los organismos gubernamentales y entes legislativos creados con el fin de controlar la depredación ambiental.
2. Instrumentos de incentivos económicos. Utilizados como un aliciente en pro de la reducción de la contaminación. Para desmotivar un comportamiento contaminador.

Estos dos instrumentos se utilizan para cambiar el comportamiento de las firmas e individuos. En este caso su objetivo es cambiar el comportamiento como agente contaminante de la ZIM. Estas leyes van desde el “*garrote*”, políticas como el cierre temporal o permanente de empresas; hasta la “*zanahoria*”, subsidios que se puedan dar en forma de disminución de impuestos de acuerdo al nivel de contaminación.

Los criterios utilizados para sustentar los instrumentos anteriormente citados son:

1. Control de la cantidad de desechos dispuestos
2. Control de la calidad de las unidades de contaminantes dispuestas
3. Control tecnológico
4. Auditorias ambientales¹⁵

El control de la cantidad de desechos dispuestos se realiza fijando límites en el nivel de los desechos, en otros parámetros que afecten dicho nivel.

El control de la calidad de las unidades de contaminantes dispuestas se basa en estándares de calidad ambiental, que para cuerpos de agua se mide, especialmente, a través de la cantidad de oxígeno disuelto (OD). Este OD es consumido por los desechos arrojados mediante procesos de oxidación y descomposición.

Este consumo de oxígeno es tomado en consideración mediante indicadores como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que mide el gasto de oxígeno en materias orgánicas arrojadas al cuerpo de agua. Otro indicador de gran importancia es la demanda química de oxígeno (DQO) que es la cantidad de oxígeno necesaria para la degradación de materias inorgánicas. Este último indicador reviste especial importancia pues la Zona Industrial de Mamonal

¹⁵ Apuntes de la clase de economía ambiental del profesor David Díaz Florián.

(ZIM) esta fundamentalmente constituida por empresas petroquímicas, cuyos desechos son mayoritariamente de índole inorgánica. Existen otros indicadores que también pueden resultar de interés, como los sólidos suspendidos totales, (SST), fenoles e hidrocarburos totales, entre otros.

El control tecnológico intenta imponer restricciones para que las empresas adquieran tecnología más amigable con el ambiente. Así como la utilización de plantas de tratamientos o tecnologías similares.

La auditoria ambiental reúne la actividad de vigilancia en el cumplimiento de las leyes ambientales y la ejecución de juicios, acerca del desempeño de las empresas, empresas de la ZIM en nuestro caso.

Para evaluar la pertinencia de aplicación de las políticas ambientales y de las recomendaciones que se hagan en este ejercicio teórico, se utilizará la metodología de evaluación económico-social de proyectos o costo-beneficio, que trata de evaluar cuál es la mejor opción para invertir los recursos escasos, con que cuenta la economía, para mejorar el bienestar económico y social de la población. Los pasos a seguir para la aplicación de la metodología consta de los siguientes pasos:

El primer paso exige la valoración de los efectos positivos y negativos del proyecto en cuestión, llevado a cabo por las firmas o individuos a las que este atañe.

El segundo paso consiste en estimar los aportes que tiene el proyecto sobre el bienestar de los individuos. Dichos aportes pueden ser negativos o positivos. Estos se calculan a través de la variación compensadora mas al ser esta de cálculo complejo, utilizamos como herramienta la variación del excedente del consumidor. Siendo este excedente del consumidor, en nuestro caso, la diferencia entre el DAP equivalente a la recuperación de un nivel óptimo de la Bahía de Cartagena para usos en actividades turísticas y el precio que las ZIM pagarían por medio de las políticas ambientales y recomendaciones de esta tesis de grado.

El tercer paso es definir una tasa de descuento, que permita valorar los efectos de la política en diferentes momentos del tiempo.

El cuarto y último paso, tiene como objetivo el totalizar los excedentes del consumidor. Para ello se debe utilizar el supuesto de equidistribución en el que se asume que los pesos son iguales para todos los beneficiarios.

En resumen, la metodología trata de estimar las variaciones compensadoras (VC) reemplazadas por el excedente del consumidor. Luego, realizar una sumatoria de las variaciones compensadoras de los ganadores y perdedores. Si la diferencia entre las variaciones compensadoras totales de los ganadores y los perdedores es positiva, el proyecto es viable según el criterio de Kaldor-Hicks. El criterio Kaldor-Hicks establece que, si el beneficio neto generado por el proyecto es una cantidad suficiente para ofrecer compensación a los perdedores sin dejar de producir utilidades, el proyecto o política es viable, ya que produce bienestar social.

El afectado dentro de este proceso económico es la industria del turismo, debido a las externalidades negativas producidas por la ZIM sobre la Bahía de Cartagena. Este es el cuerpo de agua más importante dentro de la zona turística de la ciudad de Cartagena, porque alrededor de la Bahía se desarrollan las actividades turísticas más destacadas. Como las atracciones históricas, placeres gastronómicos, entretenimiento nocturno y muelle de transporte turístico. Por tanto, resulta muy importante comprender el significado del turismo y el impacto que este ocasiona sobre la ciudad.

El turismo es una actividad realizada de manera individual o colectiva, cuando las personas se trasladan de su sitio de residencia habitual hacia otros lugares donde generan fenómenos sociales y relaciones con el entorno del lugar.

También incluiremos dentro del concepto de turismo el recreativo de la ciudad, por parte de sus habitantes.

Los tipos de turismo son: histórico, cultural, ecoturismo, de sol y playa, de negocios y urbano. En Cartagena se desarrolla el turismo histórico, turismo cultural, turismo de sol y playa y turismo de negocios. De estos cuatro tipos el que es de mayor relevancia para la investigación es el turismo sol y playa. Este se concentra en tres usos de la Bahía de Cartagena: uso de balneario, actividades recreativas y de esparcimiento y descanso. Estos usos generan en la ciudad relaciones económicas entre la sociedad y la industria del turismo, que son muy importantes porque este sector es un dinamizador de la economía. Proporciona empleos directos e indirectos, que se verán afectados por las externalidades negativas ocasionadas por la contaminación de Bahía de Cartagena por parte de la ZIM.

0.5 Formulación de Hipótesis

La contaminación hídrica producida por los residuos industriales de Mamonal sobre la BC, producen **externalidades negativas**, que afectarán en mediano plazo la actividad turística de la ciudad de Cartagena.

Variable	Indicadores	Fuente
La Contaminación Hídrica por residuos industriales	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Niveles de PH ◆ Cantidad y concentración de: <ul style="list-style-type: none"> • Fenoles • Hidrocarburos totales • Metales • Nutrientes vegetales • Agentes patógenos • Coliformes • SST • Aceites y grasas ◆ DQO ◆ DBO ◆ Temperatura 	Análisis de documentos
Externalidades negativas	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Enfermedades ◆ Restricción de usos primarios y secundarios sobre la Bahía ◆ Perdida del turismo sol y playa ◆ Daño de posicionamiento y reputación de la ciudad ◆ Perdida de zonas de esparcimiento y recreación para la población local. ◆ Perdida de una parte del dinamismo de la economía de la ciudad: empleos directos, indirectos y temporales, entre otras. 	Análisis de documentos Entrevistas

Tabla 1- Formulación de hipótesis. Elaborada por el investigador.

0.6. Diseño Metodológico

0.6.1. Tipo de investigación

Este trabajo de grado se fundamenta en la metodología de una investigación descriptiva y experimental.

Esta tesis se trabajará en dos etapas. La primera etapa describirá los factores contaminantes, producidos por vertimiento de residuos líquidos de las actividades productivas de la ZIM, sobre la Bahía de Cartagena. Esto, a su vez, genera externalidades negativas que impactan económicamente la actividad turística en Cartagena, las cuales se puntualizarán dentro del trabajo.

Para hacer esto, hay que utilizar una metodología descriptiva porque nos permite exponer de manera clara los efectos de las externalidades negativas ambientales sobre el turismo.

Luego de haber detallado los factores contaminantes y sus efectos, es necesario, en la segunda etapa, evaluar los convenios, políticas y leyes¹⁶,

¹⁶ Se evaluarán aquellas a las que se le encuentren los datos relevantes para poder aplicar la metodología costo beneficio.

determinando la viabilidad de su ejecución y las consecuencias que estas ocasionan en la actividad turística.

A su vez, el investigador elaborará una propuesta que permita crear condiciones en las cuales sea factible su realización con respecto a la eficiencia, con el objetivo de maximizar los recursos que se utilizan para obtener la exitosa recuperación del ecosistema marino y brindarle el mayor beneficio posible a la industria del turismo. Para esto se utilizará la metodología experimental.

0.6.2. Población y Muestra

Esta investigación requiere de un proceso de recolección de información para llevar a cabo su etapa experimental.

En primer lugar se necesita conocer y cuantificar los costos que genera la implementación de políticas, proyectos y la propuesta (generada por el investigador) tanto en la ZIM, como en los entes gubernamentales e incluso en los entes no gubernamentales, si participan en la creación de proyectos.

El segundo paso estaría representado en los beneficios, de haberlos, que crean las políticas, proyectos y propuesta (generada por el investigador) sobre el sector turístico. En cuanto los costos, la población serían las empresas de

Mamonal que vierten sus desechos industriales sobre la Bahía y restringiendo, dichas industrias, a aquellas en las que se halla ó este llevando a cabo la ejecución de proyectos, políticas y leyes, que a su vez contengan información suficiente para realizar la evaluación.

También, se deben analizar los costos operativos que le generan a los entes gubernamentales y no gubernamentales la aplicación de las políticas, proyectos y la propuesta del investigador, en caso de que la información este disponible.

Sin embargo, la cobertura de las políticas y proyectos es en realidad incierta y para los propósitos de este ejercicio teórico, supondremos que la población afectada por la aplicación de dichas políticas y proyectos, esta representaba por la ZIM, el sector turístico cartagenero y otros actores gubernamentales y no gubernamentales inalienables dentro del marco de las políticas y/ó proyectos. Hacemos el supuesto de *ceteris paribus*.

La muestra para fines operativos, serian los costos de aplicación de un número representativo de empresas de la ZIM que vierten sus residuos industriales, delimitándolas de acuerdo a la cantidad, concentración y tipos de contaminantes derramados, a demás de las restricciones logísticas que se puedan presentar en el estudio.

A su vez, la muestra en cuanto a los beneficios, estará definida por un número de turistas seleccionados de manera aleatoria, de acuerdo a las posibilidades logísticas del investigador.

0.6.3 Diseño de Muestreo

Se va a realizar un muestreo no probabilístico por conveniencia, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Accesibilidad a la información de calidad, concentración, tipos de contaminantes y tratamientos de estos, al ser vertidos por parte de cada una de las empresas seleccionadas.

- Facilidad de encontrar la información de los costos de implementación que las políticas y proyectos, ocasionan a las empresas de la ZIM, llevar la contaminación a tasas aceptables, que permitan la recuperación de la Bahía de Cartagena.

- Facilidad logística para poder realizar un número de encuestas a turistas, que sea la cantidad necesaria y suficiente para la obtención de la DAP, para conocer los beneficios al turismo.

0.6.4 Recolección y Fuentes de Información

0.6.4.1 Técnicas de recolección de información

Para esta investigación será necesario implementar la entrevista y el análisis de documentos como técnicas necesarias para recolectar la información.

Para hacer una adecuada recolección de la información, se ha decidió seguir el modelo metodológico de presentación de proyectos para Colciencias, el cual explica que: *Se debe mostrar en forma organizada y precisa, cómo será el desarrollo de cada uno de los objetivos específicos. Describir las diferentes técnicas que se utilizarán, diseños estadísticos, simulación, pruebas, ensayos, otros, que permitan alcanzar dichos objetivos. Debe indicarse el proceso a seguir en la recolección de la información, así como en la organización, sistematización y análisis de los datos. Anexe un diagrama de ser necesario.* Para este propósito dividiremos cada objetivo específico en las actividades necesarias para su logro.

Objetivo Especifico 1	
Identificar los factores industriales que generan la contaminación de la Bahía de Cartagena.	
Indicadores de Logro	Fuente de Verificación
Identificación de los factores industriales que generan la contaminación de la Bahía de Cartagena.	Entrevista a expertos en química y biología y análisis de documentos.
Actividades	
Descripción	Duración
Obtener los parámetros para la identificación de factores contaminantes en cuerpos de agua.	3 días

Objetivo Especifico 2	
Caracterizar las externalidades negativas ambientales que produce la Zona Industrial de Mamonal sobre la Bahía de Cartagena.	
Indicadores de Logro	Fuente de Verificación
Especificar las externalidades negativas ambientales que produce la Zona Industrial de Mamonal sobre la Bahía de Cartagena.	Entrevista a médicos especialistas, bacteriólogos, biólogos y biólogos marinos, ecólogos, historiadores, investigadores, datos estadísticos y

	análisis de documentos.
Actividades	
Descripción	Duración
Identificar las enfermedades provocadas por el uso de la Bahía de Cartagena.	2 días
Identificar la situación actual de la flora y fauna del ecosistema de la Bahía de Cartagena.	2 días
Identificar la situación actual de los factores abióticos de la Bahía de Cartagena.	2 días
Conocer los efectos negativos de la contaminación hídrica sobre la actividad pesquera.	2 días

Objetivo Especifico 3	
<p>Identificar la legislación creada en Colombia para corregir la contaminación hídrica, producida por zonas industriales, que se apliquen a la Bahía de Cartagena.</p>	
Indicadores de Logro	Fuente de Verificación
Listado de la legislación ambiental existente para a la corrección de la contaminación hídrica, producida por zonas industriales, que se aplique a la Bahía de Cartagena.	Entrevista a juristas, funcionarios de instituciones públicas y privadas y análisis de documentos.
Actividades	

Descripción	Duración
Examinar la legislación Colombiana.	8 días

Objetivo Especifico 4	
Analizar los proyectos o propuestas existentes para resolver la contaminación hídrica provocada por la ZIM sobre la Bahía de Cartagena.	
Indicadores de Logro	Fuente de Verificación
Listado de los proyectos y propuestas existentes para resolver la contaminación hídrica provocada por la ZIM sobre la Bahía de Cartagena.	Entrevista a investigadores, realizadores de los proyectos y análisis de documentos.
Actividades	
Descripción	Duración
Examinar los proyectos y propuestas existentes orientadas a la problemática ambiental.	8 días

Objetivo Especifico 5
Evaluar cuales de las externalidades negativas ambientales (ENA) producidas por la ZIM sobre la Bahía de Cartagena afectan al turismo en la ciudad.

Indicadores de Logro	Fuente de Verificación
Listado de las externalidades negativas ambientales (ENA) producidas por la ZIM sobre la Bahía de Cartagena afectan al turismo en la ciudad.	Análisis de documentos.
Actividades	
Descripción	Duración
Relacionar la ENA con las actividades turísticas que hacen uso de la Bahía de Cartagena.	3 días

Objetivo Especifico 6	
Determinar como estas ENA afectan el turismo en Cartagena.	
Indicadores de Logro	Fuente de Verificación
Efectos de las ENA sobre la demanda turística en Cartagena.	Análisis de documentos.
Actividades	
Descripción	Duración
Pronosticar como las ENA afectarían a la demanda de turismo en Cartagena.	5 días

Objetivo Especifico 7	
Determinar la viabilidad de las políticas y proyectos existentes para corregir la contaminación hídrica que la Zona Industrial de Mamonal (ZIM) produce sobre la Bahía de Cartagena, a través de un análisis costo – beneficio y su impacto sobre la industria del turismo.	
Indicadores de Logro	Fuente de Verificación
Identificar la viabilidad de las políticas y proyectos.	Datos estadísticos y análisis de documentos.
Actividades	
Descripción	Duración
Conocer los costos de implementación de las políticas y proyectos.	4 días
Encuestar a un número determinado de turistas.	30 días
Calcular con los resultados de las encuestas la DAP	1 día
Establecer la cobertura de las políticas y proyectos.	1 días
Cuantificar los beneficios económicos que las políticas y proyectos proporcionan a la industria del turismo en Cartagena.	3 días
Formular y ejecutar el análisis costo-beneficio.	16 días

Objetivo Especifico 8	
Evaluar económica y socialmente la propuesta generada dentro del trabajo de grado.	
Indicadores de Logro	Fuente de Verificación
Operatividad ideal que permite la exitosa aplicación del proyecto.	Datos estadísticos y análisis de documentos.
Actividades	
Descripción	Duración
Calcular los costos de la implementación de la propuesta.	3 días
Establecer la cobertura de la propuesta.	1 días
Formular y ejecutar el análisis costo-beneficio.	12 días

0.6.5 Procesamiento de la información

INFORMACIÓN	FUENTES	FUENTES	SOFTWARE	HERRAMIENTAS
EN ORDEN DE	PRIMARIAS	SECUNDARIAS		ESTADÍSTICAS
UTILIZACIÓN				

Tipos de

contaminantes:

- Cantidades Excel
- Concentraciones -----
- análisis de documentos Word -----

Consecuencias de estos contaminantes sobre la salud pública, al usar la Bahía como balneario.

Entrevistas Excel -----
análisis de documentos Word -----

Consecuencias de la actividad turística -----
- análisis de documentos Excel -----
Word -----

Leyes y propuestas	-	análisis de documentos	Excel Word	----- -----
Costos que generan a la muestra de las empresas de la ZIM y a las entidades gubernamentales y no gubernamentales, su aplicación.	----- -	análisis de documentos	Excel Word E- views Rats	• Modelo binario

Tabla 2 - Procesamiento de la información – Elaborada por el investigador

1. ANÁLISIS DE LAS EXTERNALIDADES

1.1 Contaminación industrial sobre la Bahía de Cartagena

1.1.1 ¿Qué es contaminación?

Para poder comprender la contaminación hídrica es necesario entender el concepto de contaminación y para esto hay que definirla.

Se puede decir que la contaminación es una situación en la que se desvía o altera la pureza de un estado normal ó punto cero. Esta normalmente asociada con cambio y suciedad, analizándolo desde ese punto de vista, el ser humano siempre será el productor de la contaminación. Cuando el hombre entra en escena produce cambios antropogénicos¹⁷ en el ambiente que generan contaminación, debido a que modifican ciertos parámetros del medio ambiente.

Una buena definición de contaminación podría ser la de J.M. Pérez (1979) “*La contaminación resulta cuando hay un cambio en uno o más parámetros que degraden el medio ambiente existente*”. Sin embargo el concepto que más se acerca al contexto de contaminación en está investigación es el que da el Consejo Internacional de la Lengua Francesa, la contaminación es “*la introducción a la presencia de un alterágeno¹⁸ en un medio determinado y el resultado de su acción*”.

¹⁷ Causado por el hombre

¹⁸ Elemento introducido por el hombre

En el caso que le compete a éste trabajo de grado, puede ser la introducción de determinadas sustancias químicas perjudiciales para los ecosistemas y la modificación de determinados parámetros físicos como la temperatura, la introducción de fenoles, hidrocarburos, aceites y grasas, sólidos suspendidos, de vibraciones, radiaciones, virus, bacterias y otros.

Según la naturaleza del alterógeno la contaminación se divide en tres tipos:

- Contaminación biológica
- Contaminación física
- Contaminación química

A continuación explicaremos estos tres tipos de contaminación en el contexto que le compete a esta investigación, la contaminación hídrica.

La contaminación biológica es aquella producida por contaminantes orgánicos que producen en el agua hongos, bacterias y virus, los cuales provocan enfermedades tanto para las especies animales y vegetales como al ser humano. Sin embargo, algunas de las bacterias que se encuentran en el agua son inofensivas, participan en la degradación de la materia orgánica contenida en el agua, asimismo ciertas bacterias descomponen sustancias inorgánicas.

La contaminación física se origina cuando diferentes contaminantes afectan el aspecto del agua, en el color, cuando flotan o se sedimentan y a su vez interfieren con la flora y la fauna acuática.

Los contaminantes físicos en el agua son los líquidos insolubles o sólidos de origen natural y diversos productos sintéticos que son arrojados al agua como un resultado de la intervención del hombre. Estos contaminantes pueden ser espumas, residuos oleaginosos y calor¹⁹, entre otros.

La contaminación química esta compuesta por contaminantes orgánicos o no orgánicos dispersos en el medio marino. Los inorgánicos son diversos productos provenientes de descargas domesticas, agrícolas, industriales y de la erosión del suelo.

Las principales sustancias son:

- Cloruros
- Sulfatos
- Nitratos
- Carbonatos
- Desechos ácidos y alcalinos
- Gases tóxicos como oxido de azufre, de nitrógeno, de amoniaco, de cloro y de sulfuro de nitrógeno²⁰

Las sustancias orgánicas son compuestos provenientes de desechos humanos y animales, de rastros²¹ o de mataderos, de industrias de procesamiento de

¹⁹ Contaminación térmica es el sobrecalentamiento del agua del mar como resultado de actividades industriales en las zonas costeras.

²⁰ Acido sulfúrico

alimentos para humanos ó animales, diversos productos químicos industriales de origen natural como aceites, grasas, breas y tinturas. También químicos sintéticos como pinturas, herbicidas e insecticidas. Los contaminantes orgánicos consumen grandes cantidades de oxígeno disuelto en el agua y afectan el ecosistema acuático.

Si un contaminante es o no perjudicial depende primariamente de la cantidad de contaminante ingerido, el cual esta relacionado con el tiempo que permanece en el medio marino y la concentración en el mismo.

Teniendo en cuenta esto, los contaminantes se clasifican en degradables y persistentes. Los primeros cuando se encuentran en el ecosistema marino sufren muchos procesos biológicos, químicos y físicos que producen cambios en sus características después de la emisión de los mismos.

Los persistentes en cambio, son aquellos que se mantienen un gran periodo en el cuerpo de agua. No son degradables ó su tasa de degradación es muy lenta. A estos contaminantes pertenecen los químicos orgánicos e inorgánicos, los desechos industriales, virus, radioactividad, entre otros.

1.2 Contaminación hídrica – Conceptos específicos

Manteniendo presentes los conceptos anteriores de contaminación, es necesario ampliar y contextualizar de manera concreta el significado de contaminación hídrica.

²¹ Cadáveres en descomposición

Para que el agua se considere “pura” ó sin contaminación es necesario que en ella no exista ninguna sustancia en concentraciones suficientes que impidan que el cuerpo de agua sea usado con propósitos considerados normales, como:

- Recreación y estética
- Suministro público de agua
- Sostenimiento de peces, organismos acuáticos y vida silvestre
- Agricultura e industria

Por lo tanto cualquier sustancia que impida el uso normal del agua se considera un contaminante.

Las características que permiten de manera simple identificar que un ecosistema acuático esta contaminado son:

- Mal sabor del agua
- Olores desagradables
- Masas de plantas acuáticas que crecen sin control en muchas extensiones de agua
- Perdida de transparencia del agua, la cual se torna turbia
- Los peces decrecen en número
- La carne de estos tienen mal sabor

Los tipos de contaminantes en el agua se clasifican de la siguiente manera:

- Agentes patógenos
- Nutrientes vegetales
- Compuestos orgánicos y orgánicos sintéticos
- Sustancias químicas inorgánicas y sustancias minerales
- Sedimentos
- Materiales radioactivos
- Calor
- Fenoles
- Hidrocarburos
- Compuestos inorgánicos
- Residuos con requerimiento de oxígeno

Los ecosistemas marinos para sobrevivir necesitan mantener concentraciones mínimas de oxígeno. La cantidad de OD²² de la temperatura del agua y de la altitud.

Teniendo en cuenta esto, se define la contaminación hídrica cuando la concentración de OD desciende por debajo del nivel necesario para mantener una biota²³ normal en un cuerpo de agua.

²² Oxígeno disuelto

²³ Flora y fauna acuática

A continuación se explicarán, de manera más puntual cada uno de los tipos de contaminantes hídricos.

AGENTES PATÓGENOS

Muchas enfermedades son transmitidas al hombre por el agua, ya sea por su consumo o por el contacto primario; esto se debe a la contaminación de los cuerpos de agua por agentes patógenos.

Para medir esto se utilizan índices como coliformes fecales y coliformes totales. La presencia de cada uno de estos indicadores es un indicio de contaminación fecal, presentando una alta probabilidad de encontrar bacterias patógenas.

Dentro de los coliformes fecales se encuentran las bacterias como la *Escherichia Coli*, la cual se reproduce en el trato intestinal de los mamíferos, estas bacterias son las productoras del 90% de las diarreas infantiles, denominadas también diarreas del viajero, siendo esta consecuencia una de las menos graves debido a que la *Escherichia Coli* es también responsable de la gastroenteritis aguda en los niños, la cual puede provocar la inflamación de las mucosas intestinales, dando lugar a la deshidratación grave.

Los coliformes totales están compuestas por bacterias como:

- *Klebsiella*: provoca la enfermedad del legionario, que es una forma de neumonía bacteriana de alta gravedad.

- *Enterobacter*: produce fiebre, diarrea y dolores intestinales, se adquiere de manera muy rápida.

El Ministerio de Salud en 1984 estableció como niveles permitidos de coliformes fecales y totales, para el uso de los ecosistemas para fines recreativos de contacto primario, los siguientes parámetros:

- Coliformes fecales - NMP/100ml – menores a 200 microorganismos
- Coliformes totales - NMP/100ml – menores a 1000 microorganismos

NMP es la medida en que se representan los niveles de Coliformes. NMP significa: número más probable en 100 ml de agua.

Los parámetros que determinan la contaminación por coliformes fecales NMP/100ml son:

- No contaminado: el 80% al 100% de las muestras deben poseer niveles inferiores a 200 NMP/100ml
- Contaminación baja: el 60% al 70% de las muestras deben poseer niveles menores a 200 NMP/100ml
- Contaminación media: el 40% a 50% de las muestras deben poseer niveles menores a 200 NMP/100ml
- Contaminación alta: del 0% al 39% de las muestras analizadas deben poseer valores inferiores a 200 NMP/100ml.

Cuando el ecosistema acuático está contaminado es portador de microorganismos patógenos que pueden hacer peligrar la salud y vida de las personas.

Los agentes patógenos más frecuentes en el agua pueden transmitir al hombre enfermedades como:

- Infecciones del tracto intestinal:
 - Fiebre tifoidea y paratifoidea
 - Disentería
 - Cólera
- Poliomiелitis
- Hepatitis infecciosa

Los organismos causantes de estos son las heces y la orina de las personas infectadas.

Afortunadamente los agentes patógenos no sobreviven en el agua durante prolongados periodos de tiempo.

NUTRIENTES VEGETALES

Producen un exceso de crecimiento de las plantas acuáticas cuando los nutrientes tienen una concentración elevada en el cuerpo de agua. En condiciones normales los nutrientes vegetales ayudan al crecimiento y

desarrollo de las plantas en el ambiente acuático, pero su presencia en exceso genera un extra crecimiento. Entre los nutrientes necesarios se encuentran: el carbono, nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y varios metales traza.

Se denomina eutroficación a un ecosistema acuático nutrido en exceso. La eutroficación sólo se convierte en contaminante cuando se acelera el proceso a través de acciones antropogénicas.

Cuando el hombre provoca una aceleración en los procesos de nutrición las plantas, se denomina eutroficación cultural. Esta inicialmente produce efectos beneficiosos como el incremento piscícola; sin embargo, ocasiona una proliferación de algas y plantas acuáticas que generan muchos problemas en el cuerpo de agua.

Este excesivo crecimiento vegetal le da un aspecto poco agradable a los ecosistemas acuáticos y obstaculiza los usos recreativos del recurso hídrico. Del mismo modo, la multiplicación excesiva de algas produce sabores y olores desagradables en el cuerpo de agua y a su vez, son consumidoras de OD en grandes cantidades.

De todos los nutrientes, los que se convierten en contaminantes (por encontrarse en grandes concentraciones) son nitrógeno, fósforo y carbono.

El fósforo en exceso, acompañado en pocas cantidades de otros nutrientes, puede ser un limitante para el crecimiento de ciertos tipos de algas. Asimismo, se presenta con el carbono. El caso del nitrógeno es diferente, ya que éste llega al cuerpo de agua en forma de nitratos muy solubles que son muy difíciles de hacer desaparecer.

COMPUESTOS ORGÁNICOS Y ORGÁNICOS SINTÉTICOS

Dentro de estos se encuentran:

- Carburantes
- Fibras
- Detergentes
- Aditivos alimentarios
- Plásticos
- Elastómeros
- Pinturas
- Productos farmacéuticos
- Plasticisadores
- Disolventes
- Plaguicidas

El problema de estos compuestos orgánicos sintéticos consiste en que son resistente a la degradación bioquímica por parte de las bacterias naturales del

agua o de los procesos de depuración de las aguas residuales, por tanto permanecen en el agua durante largos periodos de tiempo.

Algunos compuestos orgánicos son responsables de sabores, olores y colores desagradables, además de causarle daños a peces y mariscos que cuando son consumidos por el hombre presentan mal sabor o intoxican.

Existen ciertas clases de compuestos orgánicos que son tóxicos para peces y otras formas de vida acuática, aún al presentarse en concentraciones muy reducidas.

SUSTANCIAS QUÍMICAS INORGÁNICAS Y SUSTANCIAS MINERALES

Algunas de estas sustancias son:

- Sales inorgánicas
- Ácidos minerales
- Metales compuestos

La presencia de estos contaminantes ocasionan tres efectos en el agua:

- Aumenta la acidez
- Aumenta la salinidad
- Aumenta la toxicidad

- ACIDEZ

El principal motivo que provoca el aumento de acidez en los cuerpos de agua son los drenajes de las minas y la lluvia acida²⁴.

Dentro de los procesos contaminantes se encuentran:

- Yacimientos de azufre
- Explotaciones mineras²⁵
- Depósitos de carbono con grandes cantidades de sulfuro de hierro²⁶.

La acidez afecta severamente los niveles de pH en los ecosistemas acuáticos. El PH es una medida que determina la acidez, a menor valor del pH mayor grado de acidez. Se considera un pH de 6 como ligeramente ácido, uno de 5 moderadamente ácido, uno de 4 ó de 3 muy ácido y uno de 2 o menores como extremadamente ácido.

Los cuerpos de agua tienen un sistema natural de amortiguación que permite que pocas cantidades de ácido se disuelvan en el ecosistema marino, sin provocar cambios significativos en el pH. Excesivas entradas de ácidos fuertes pueden dañar o hasta anular la capacidad natural de amortiguación del agua y ocasionar dramáticos descensos en los valores del pH, las consecuencias de esto dependen del descenso del pH y los efectos más comunes son:

²⁴ Casos que no se dan en Cartagena

²⁵ Que contengan plomo, cinc y cobre

²⁶ Pirita

- Destrucción de la vida acuática: a niveles inferiores de 4.0 se eliminan todos los vertebrados, la mayoría de invertebrados y varios microorganismos. Sobreviven en estos niveles de pH algunas algas y bacterias.
- Corrosión: un cuerpo de agua con un pH inferior a 6.0 puede ocasionar una excesiva corrosión en buques, embarcaciones y estructuras relacionadas.

- SALINIDAD

La salinidad es un elemento frecuente en el agua. El 97% de toda el agua del mundo es salada (mares y océanos), el 31% restante es clasificado como dulce.

Sin embargo, algunas fuentes antropogénicas producen salinidad, la más frecuente es:

- Efluentes industriales: a estos pertenecen las sales orgánicas, que son componentes principales de muchas descargas industriales. estas sales provienen generalmente de neutralizaciones de ácidos, que se utilizan en industrias químicas, metalúrgicas y de fundición.

Cabe destacar que la salinidad no es tomada como contaminante, por ser esta una característica del agua de mar.

- *TOXICIDAD*

Muchos compuestos industriales tienen propiedades tóxicas, especialmente los elementos metálicos más pesados. Entre estos compuestos más tóxicos, persistentes y abundantes son los siguientes: mercurio, plomo, cadmio, cromo y níquel.

Estos metales se acumulan y se concentran en el cuerpo de los organismos vivos (peces, algas y plantas) por muy largo tiempo y se convierten en venenos acumulativos.

SEDIMENTOS

Los sedimentos se consideran como un tipo de contaminantes a causa del proceso natural de erosión, los sedimentos de estos procesos representan los mayores contaminantes de las aguas superficiales.

La producción de sedimentos y la llegada de estos a cuerpos de agua es casi por completo responsabilidad del hombre, que provoca la erosión excesiva y ecosistemas marinos.

Los sedimentos causan efectos perjudiciales como:

- Taponamiento u obstrucción de embalses, puertos y canales: esto provoca desbordamientos y alteraciones en caudales, reducción de la profundidad de los ecosistemas acuáticos y disminución de la vida útil de embalses, puertos y canales, que a su vez ocasionan grandes inversiones de dinero en dragados del cuerpo de agua.
- Destrucción de animales acuáticos: al llenarse el fondo del cuerpo de agua de sedimentos la población de peces y mariscos se reduce, porque quedan tapados o sepultados en sedimentos las reservas nutritivas y nidos de la fauna acuática.
- Reducción de la penetración de la luz en el agua: al disminuir la cantidad de luz solar que penetra en el agua, se reduce la producción de oxígeno, debido a que desciende la tasa fotosintética de las plantas.
- Turbiedad del agua: el ecosistema acuático se torna turbio y pierde, en gran medida, su transparencia y color natural. Esto perjudica tanto al cuerpo de agua como a los usos que las personas le dan al recurso hídrico. Uno de los principales efectos negativos que causan en los usos estéticos y de recreación que le dan al agua. Los colores que provocan la turbiedad son desagradables y producen sensaciones de contaminación y suciedad para aquellos que van a utilizar el cuerpo de agua.

Cabe destacar, que una de las principales fuentes de sedimentación es el vertimiento de sólidos por la actividad industrial.

MATERIALES RADIOACTIVOS

Es poco frecuente la contaminación por éste tipo de materiales, debido a las actividades vinculadas al uso de los elementos radioactivos, algunas de estas actividades son:

- Minería y elaboración de las menas para producir sustancias radioactivas utilizables.
- Uso de materiales radioactivos en armamento nuclear
- Empleo de materiales radioactivos en centrales energéticas nucleares

En Colombia, en especial en Cartagena, no existen reportes de éste tipo de contaminación en los cuerpos de agua y para efectos de esta investigación, dicho contaminante no es pertinente.

CALOR²⁷

En el concepto simple del calor, éste no se considerara un contaminante corrosivo para el ambiente; sin embargo, el vertimiento excesivo de aguas calientes a un ecosistema marino ocasiona consecuencias dramáticas, igual de graves que cualquier contaminante químico o biológico.

Una de las principales causas de la contaminación térmica es el uso industrial que se le da al agua, principalmente en los sistemas de refrigeración de las instalaciones industriales costeras.

²⁷ Contaminación térmica.

Se le atribuye a la industria pesada el vertimiento de aguas calientes: fabricas de acero, refinerías, industrias petroquímicas y químicas son las empresas que dentro de sus procesos productivos producen contaminación térmica.

La entrada de estas aguas calientes generan en el medio marino consecuencias como: la disminución de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, aumento de la velocidad en las reacciones químicas y elevación de los niveles térmicos naturales.

HIDROCARBUROS

Se entiende como hidrocarburos aquellos compuestos que contienen, en su gran mayoría, carbono e hidrógeno, y se hallan presentes en pequeñas cantidades elementos como nitrógeno de azufre, oxígeno y algunos metales traza.

La contaminación por hidrocarburos en zonas industriales se producen por actividades como:

- Operaciones normales de buques petroleros: lastrado y limpieza de tanques
- Operaciones normales de otros navíos: operaciones de limpieza y bombeo de setinas
- Refinerías
- Plantas petroquímicas

- Desechos de petróleo (motores)
- Vertimientos accidentales

La contaminación por hidrocarburos se estima bajo dos parámetros, los efectos a corto y largo plazo.

Se estima que a corto plazo se producen tres consecuencias contaminantes, que son: revestimiento, asfixia y toxicidad, de estos se derivan los siguientes:

- Reducción de la transmisión de la luz. Al igual que los sedimentos, los hidrocarburos disminuyen la penetración de la luz solar en el cuerpo del agua.
- Disminución del OD
- Daños a aves acuáticas
- Asfixia a la biota del ecosistema marino
- Anestesia y narcosis de los peces y animales inferiores

A largo plazo quedan compuestos de hidrocarburos en pequeñas concentraciones, pero en fracciones peligrosas. Se pueden encontrar en el ecosistema marino compuestos como: benceno, tolueno, xileno, naftaleno y fenantreno, los cuales causan graves niveles de toxicidad en humanos y peces.

Estos compuestos son persistentes y pueden pasar por muchos miembros de la cadena trófica²⁸ marina sin sufrir alteraciones. Lo cual provoca que estas

²⁸ Cadena nutritiva acuática

sustancias lleguen al hombre por medio de peces aptos para el consumo humano. Ocasionalmente, no sólo, sabores desagradables, sino también la acumulación de venenos potenciales muy peligrosos para el hombre.

Los hidrocarburos son contaminantes persistentes y de alta concentración; debido a su elevada demanda de oxígeno dificultan gravemente la autodepuración del cuerpo de agua. Además son también responsables de sabores y olores desagradables en los ecosistemas acuáticos.

FENOLES

Proviene generalmente de los residuos industriales, son tóxicos directos (neurotóxicos), entre sus consecuencias como contaminantes se encuentran la muerte de numerosos peces por parálisis.

Existen dos maneras principales por las cuales los fenoles están presentes como contaminantes en los cuerpos de agua: los vertimientos industriales y los procesos naturales de descomposición de la materia orgánica.

Los fenoles tienen una alta capacidad de penetración en las partes blandas de los peces y por ser liposoluble se fija fácilmente en los cuerpos de los peces, ocasionando sabores y olores desagradables en estos.

Los fenoles aumentan su toxicidad con el incremento de la temperatura y la presencia de bases de detergentes en los cuerpos de agua. Se considera como

dosis letal de fenoles, en el agua, entre 5 y 25 ppm. Por tal razón los índices de fenoles son muy controlados por las Corporaciones Autónomas Ambientales.

COMPUESTOS INORGÁNICOS

Se consideran como sustancias inorgánicas a químicos como metales, ácidos, detergentes y algunos plaguicidas. A continuación se detallará sobre cada uno de estos contaminantes.

Metales

Dentro de la clasificación de los metales existen dos que se consideran contaminantes, los metales pesados y los metales traza.

Los metales pesados son los que poseen cinco veces la densidad del agua. Los que presentan una densidad inferior se consideran ligeros, pero estos no son catalogados como contaminantes peligrosos.

Los metales traza son aquellos que tienen mucha abundancia natural en el ambiente. Estos tipos de metales son los más importantes en cuanto a contaminación ambiental se refiere, debido a que tienen grandes efectos tóxicos en los organismos vivos.

Estos llegan al ambiente a través de las operaciones industriales que los eliminan como residuos en formas líquida y terminan en los cuerpos de agua.

Los metales son contaminantes persistentes, no pueden degradarse ni biológica ni químicamente en la naturaleza. Aunque los metales estén en compuestos que los contengan y puedan alterarse, al final los metales permanecen.

En ocasiones, cuando los metales se encuentran en compuestos las reacciones químicas que se producen en ellos los convierten en sustancias más tóxicas de lo que son, un ejemplo de esto es el mercurio.

Cuando los metales son ingeridos en grandes cantidades ponen en muy alto riesgo la salud humana. Entre los metales altamente peligrosos se encuentran el mercurio y el berilio, una ligera exposición puede dañar seriamente la salud humana.

Plaguicidas

Son utilizados para eliminar plagas e insectos, roedores, mohos y malas hierbas. Estos se dividen en:

- Insecticidas (destrucción de insectos)
- Funguicidas (previenen las enfermedades de la plantas y eliminan los mohos)
- Herbicidas (eliminan malas hierbas)
- Otros plaguicidas: rodenticidas (ratas y ratones), moluscidas (caracoles), nematocidas (gusanos), entre otros.

Los plaguicidas llegan a los cuerpos de agua de dos maneras: por la utilización en las actividades agrícolas y por la actividad productiva de agroquímicos en las industrias. Existen plaguicidas orgánicos e inorgánicos.

Las consecuencias contaminantes son diversas y dependen del tipo de plaguicida. Debido a los bajos niveles de estos contaminantes dentro de la BC, no se profundizará en éste aspecto.

Detergentes

Son sustancias o compuestos que tienen una función como agente limpiador; algunos tienen sustancias orgánicas y otras inorgánicas. Se pueden clasificar en tres categorías principales: surfactante, estructurador y varios.

El detergente surfactante es aquel que sirve como agente humectante, disminuye la tensión superficial del agua y permite que éste penetre más.

Los detergentes estructuradores son aquellos que cumplen la función de agentes secuestradores, es decir, al lavar se convierten en alcalinos y eliminan efectivamente la suciedad, retirándola del tejido.

Los detergentes que entran en la categoría de varios son los que contienen ingredientes como perfumes, abrillantadores y agentes antireposición.

Los detergentes se convierten en contaminantes hídricos, debido a los vertimientos humanos e industriales.

Los daños que ocasionan en el ambiente no son graves, algunas de las consecuencias son:

- Al verter los detergentes se forman espumas que detienen la depuración natural o artificial del cuerpo de agua.
- Diseminan las bacterias y los virus presentes en el ecosistema acuático.
- El cuerpo de agua presenta una disminución en la absorción de oxígeno de la atmósfera.
- Aumentan el contenido de fósforo en el agua
- En grandes concentraciones destruyen los bronquios de los peces y causan mortalidad.

RESIDUOS CON REQUERIMIENTO DE OXÍGENO

Son sustancias que se descomponen y se degradan fácilmente debido a la actividad bacteriana en presencia del oxígeno.

El OD disponible es consumido por las bacterias en el proceso de degradación de los residuos, lo que conlleva a que se agote con mucha rapidez el oxígeno.

La mayoría de estos residuos son orgánicos aunque también hay sustancias inorgánicas.

Generalmente estos contaminantes provienen de:

- Desechos industriales de fábricas de alimentos
- Desperdicios de industrias papeleras
- Subproductos de las operaciones de curtidos
- Efluentes de mataderos
- Plantas empacadoras de carne

La principal característica de estos compuestos contaminantes es que tienen como elemento más abundante al carbono. Lo cual, los convierte en consumidores de muchísimo OD, porque el oxígeno necesita tres veces su capacidad para reaccionar con una unidad de carbono. Por ejemplo: se necesita tres litros y medio de agua para purificar una gota de petróleo.

1.3 Externalidades negativas producidas por la contaminación hídrica emitida por las empresas de la ZIM a la BC

Lo niveles de contaminación hídrica en la BC debido a sustancias utilizadas en procesos industriales, datan desde 1979. Instituciones como CIOH de la Escuela Naval Almirante Padilla y DIMAR tienen muchos estudios que

recopilan la situación ambiental de la Bahía y de cada uno de los contaminantes industriales que en ella se vierten.

En el campo de los hidrocarburos, desde 1985 se estableció que existen dos zonas con un alto índice de contaminación por estas sustancias; la primera de estas áreas es la bahía interna hacia el norte²⁹, donde existe un intenso tráfico marítimo, altas actividades portuarias de muelles y embarcaciones.

La otra zona está comprendida entre Bocachica y la ZIM, cubriendo una gran parte de la Bahía, lugar por donde navegan todos los buques que entran y salen de Cartagena.

A demás en esta zona se vierten todas las descargas industriales de empresas petroquímicas, alimenticias, polímeros, químicos y la refinería, entre otros.

Los niveles aceptables o considerados mínimos de hidrocarburos totales en los cuerpos de agua, como la BC, son de 1 a 10 µg/L³⁰. Para 1985 se registraban niveles mínimos de 10 µg/L y máximos de 65 µg/L (GARAY, 1987).

Según GARAY (1997), al realizarse el estudio de contaminación por hidrocarburos totales, se estableció que la zona de la BC es la región más contaminada por estos compuestos en 1987; estando por encima de zonas

²⁹ GARAY, Jesús. "Vigilancia de la contaminación por petróleo en el caribe colombiano". Boletín Científico No 7 – CIOH.

³⁰ Máximo valor permisible establecido por la UNESCO en 1974.

como Coveñas, Barranquilla y Santa Marta, en las cuales también se realizan actividades portuarias e industriales a orillas de sus cuerpos de agua.

Sumando a esto, los niveles de contaminación por hidrocarburos que afectaron zonas en las que originalmente, por distancia y tipos de actividad, estos contaminantes no se encontraban en altas concentraciones. Áreas como la costa oriental de Tierra Bomba, las costas de Manga, áreas adyacentes al El Laguito, Castillo Grande y ciertas partes de las Islas del Rosario, se vieron muy afectadas debido a las condiciones meteorológicas y a las corrientes marinas, que distribuyeron, dispersaron y transportaron los residuos de hidrocarburos hacia estas zonas, concentrándose en ellas y provocando altos niveles de contaminación.

Dichas zonas son consideradas de alto movimiento turístico y la presencia de estos contaminantes afectan esta actividad, debido a que la contaminación por estos tipos de sustancias puede provocar que se restrinjan los usos primarios en el turismo, como balneario y actividades recreativas.

Para 1995 los niveles de contaminación por hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD) presentaban en las tres épocas del año³¹ valores medios y altos de contaminación, debido a los vertimientos industriales y a la actividad portuaria. En las Islas del Rosario se presentaban valores moderadamente riesgosos, que nuevamente afectaban de manera directa la actividad turística de la ciudad, perjudicando zonas que se consideran sin contaminación.

³¹ Época secas, época de transición – época húmeda

El CIOH recomendó en su Boletín Científico No 16, que la BC ameritaba vigilancia constante presente y futura, por haber sido declarada en emergencia ambiental en 1991 y estar clasificada en niveles de contaminación altos por HDD, que colocan en riesgo la salud pública y la vida del cuerpo de agua.

Para la década de los 70 y 80 la BC presentó altos niveles de contaminación por mercurio, debido a la producción industrial de empresas como Álcalis, que trabajó con mercurio en sus procesos de producción de sal, para esto contaban con una planta de cloro y las descargas de todos sus procesos industriales se vertían, sin tratamiento sobre la BC (Mendoza, 1997).

El mercurio es un metal pesado, considerado de alta peligrosidad para cualquier ser humano por sus elevados niveles de toxicidad. Para 1977, aún no se tenían en Colombia regulados los niveles permisibles de éste metal en los cuerpos de agua; Mendoza (1997) en su estudio estableció una comparación de los niveles de mercurio en Cartagena, para 1977, entre otros ecosistemas marinos de diferentes países.

Cuerpos de agua - 1977	Mercurio µg/Kg
Bahía de Cartagena	230135
Estados Unidos	410
Japón - Minamata	400
Alemania	1000

Tabla 4- Niveles permisibles de mercurio en diferentes países del mundo –Fuente: CIOH

Los niveles de mercurio (Hg) presentados, indicados en el cuadro anterior, en la BC tienen valores por encima de las normas permisibles, que en la actualidad es de 0.5 µg/g. Hoy por hoy, los niveles de Hg en la Bahía son de 7.67 µg/g. Después de 20 años de inicio de la contaminación por éste metal, debido a la producción de la fabrica de cloro – soda, aún permanecen los problemas ambientales causados por esto.

Entre 1970 y 1990 se realizaron, aproximadamente, 350 estudios sobre la contaminación en la BC³². Según dichos estudios, las descargas industriales y los vertimientos de hidrocarburos ocupan el segundo lugar de responsabilidad, en los niveles de contaminación de éste ecosistema marino.

Según el PNUMA (2001), la industria cartagenera presenta los mayores volúmenes de vertimientos de contaminantes en la ciudad. Antes de 1995, la ZIM aportaba 6.02 ton/día de la carga de materia orgánica recibida por la BC y 3.9 ton/día de nutrientes, a demás de carbonatos, fenoles, aguas calientes, entre otros.

En 1991, el Concejo Distrital de la Cartagena (CDC) estableció en su Acuerdo No 50 de septiembre de 1991, que la ciudad debía entrar en emergencia ambiental con relación a la utilización de sus cuerpos de agua, en especial la BC.

³² Dato suministrado por el CIOH

Desde esa época, las instituciones y entidades gubernamentales presentaban la preocupación por los altísimos niveles de contaminación en la BC y las consecuencias que esto podría ocasionar en la ciudadanía y los turistas.

En ese mismo documento, el CDC explica que para esa época no existían regulaciones ni controles adecuados sobre la descarga de residuos industriales en los cuerpos de agua de la ciudad. A su vez, no existía *una planeación orientada hacia la salubridad ambiental del material orgánico que entraba a la BC*³³.

Estos materiales orgánicos son biodegradables por el OD en la Bahía, reduciendo de manera significativa los niveles naturales de éste elemento, causando la muerte del cuerpo de agua por anoxia³⁴ de la biota acuática.

Para el CDC (1991), los efectos de esta contaminación causan un deterioro cada vez más dramático en el recurso marino de la ciudad y esto provoca el decrecimiento de la industria turística.

Según la Corporación Nacional de Turismo, los requisitos para que un destino como la Cartagena sea reconocido como de alta calidad en el turismo sol y playa son:

1. Dimensiones: el destino debe tener extensos terrenos de playas para el balneario y la recreación. Requisito que en la actualidad Cartagena cumple.

³³ Concejo Distrital de Cartagena, Acuerdo No 50 de septiembre de 1991.

³⁴ Falta casi total de oxígeno en la sangre

2. Calidad del agua: los tres factores que se miden son: color, temperatura y transparencia. En estos momentos, la BC no cumple con este requisito, ya que el color sobrepasa los niveles permisibles y el agua es excesivamente turbia, por el alto grado de contaminación por hidrocarburos.

3. Flora y fauna existente: la variedad de flora y fauna dentro de la BC es escasa. La biota natural del cuerpo de agua ha ido desapareciendo a medida que aumenta la contaminación.

4. Calidad del paisaje: estéticamente la BC en muchas de sus playas presenta un panorama desolador, el color poco agradable y los desperdicios flotantes le restan el valor estético que debería tener.

5. Calidad de sus playas: no sólo por la contaminación industrial las playas de la BC no son aptas para el contacto primario. Los vertimientos de aguas servidas hacen que el agua de la Bahía tenga elementos patógenos que atentan contra la salud de las personas. Sumado a esto, la contaminación por metales y químicos hace que en ciertas zonas de la BC sea muy peligrosas para el contacto primario y el secundario.

2. DESCRIPCIÓN DE LAS LEYES, POLÍTICAS, PROGRAMAS Y PLANES

AMBIENTALES

2.1 Legislación y política ambiental

En Colombia la preocupación por el cuidado ambiental por parte de las instituciones gubernamentales data desde la Colonia, con las Leyes de la Indias. Con la formación de La República la legislación ambiental se hizo más puntual, con la creación de normatividades para regular la protección del medio ambiente y la utilización de los recursos naturales.

Desde 1970 el cuidado de nuestros recursos naturales renovables y no renovables se está llevando a cabo bajo los términos de la gestión ambiental.

Se hace necesario en éste trabajo de grado, elaborar un compendio de la normas, leyes, decretos, planes y programas, encaminados al cuidado del agua y que le competen a esta investigación.

EL primer fundamento de gestión ambiental se presenta en la Constitución de 1991. Era necesaria la estructuración de un marco institucional ambiental nacional nuevo, que fuera capaz de conciliar lo hábitos y patrones de consumo de la sociedad y la necesidades ambientales del país. El acelerado crecimiento de la sociedad y los nuevos usos que está le da al ambiente ha ido en detrimento del mismo, por lo tanto, se requería de un nuevo orden jurídico ambiental que guiara al país hacia el desarrollo sostenible.

Debido a lo anterior, la Constitución de 1991, consagró en el Artículo 79, el derecho de todas las personas a tener un ambiente sano y definió como deberes del Estado *“planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o*

sustitución". En concordancia con esto, en el Artículo 80 establece que El Estado "*deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados*".

Teniendo en cuenta que la Constitución es la ley de leyes y que en ella se establecen los principios fundamentales de la sociedad, partiremos de dichos principios ambientales, ya nombrados, para analizar los decretos, normas y leyes que complementan nuestra legislación ambiental.

En diciembre 18 de 1974 se creó el Decreto – Ley 2811 que corresponde al *Código de los recursos naturales renovables y de protección del medio ambiente*. Los Artículos que son pertinentes en éste trabajo de grado son:

El Art. 1, en el cual se establece que el ambiente es un patrimonio común y por lo tanto es deber del Estado y de los ciudadanos preservarlo porque son de utilidad pública e interés social. El Art. 2 plantea que es *necesario para la supervivencia y el desarrollo económico y social de los pueblos*, el cuidado de los recursos naturales. Por lo tanto, éste Art. en sus numerales 1 y 3 dice lo siguiente:

1. Lograr la preservación y restauración del ambiente y la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables, según criterios de equidad que aseguren el desarrollo armónico del hombre y de dichos recursos, la disponibilidad

permanente de estos y la máxima participación social, para beneficio de la salud y el bienestar de los presentes y futuros habitantes del territorio nacional.

3. Regular la conducta humana, individual o colectiva y la actividad de la administración pública, respecto del ambiente y de los recursos naturales renovables y las relaciones que surgen del aprovechamiento y conservación de tales recursos y del ambiente.

En éste mismo Decreto – Ley, en el Art. 3 enumera lo objetos correspondientes a su regulación. Entre estos están el manejo de los recursos naturales renovables como *las aguas en cualquiera de sus estados y los recursos biológicos de las aguas y del suelo y el subsuelo del mar territorial y de la zona económica de dominio continental insular de la República.* Que están directamente relacionados con esta investigación. A su vez, establece como objeto de regulación para el Estado *los demás elementos y factores que conforman el ambiente o influyan en él, denominados en este Código elementos ambientales, como: Los residuos, basuras, desechos o desperdicios y los bienes producidos por el hombre, o cuya producción sea inducida o cultivada por él, en cuanto incidan o puedan incidir sensiblemente en el deterioro ambiental.*

Éste último punto está directamente relacionado con los objetivos de éste trabajo, debido a que corresponde estudiar la producción industrial y su incidencia en el ambiente, específicamente en la BC.

Dentro de éste Decreto se hace necesario resaltar el Art. 8, en el que se definen los factores que deterioran el ambiente. Que son los puntos a, d, e, f, j y l. Los cuales dicen lo siguiente:

a) *La contaminación del aire, de las aguas, del suelo y de los demás recursos naturales renovables.*

Entendiéndose por contaminación *la alteración del ambiente con sustancias o formas de energía puestas en él, por actividad humana o de la naturaleza, en cantidades, concentraciones o niveles capaces de interferir el bienestar y la salud de las personas, atentar contra la flora y la fauna, degradar la calidad del ambiente de los recursos de la nación o de los particulares. Del mismo modo, se considera como contaminante cualquier elemento, combinación de elementos, o forma de energía que actual o potencialmente pueda producir alteración ambiental de las precedentemente descritas.*

d) *Las alteraciones nocivas del flujo natural de las aguas;*

e) *La sedimentación en los cursos y depósitos de agua;*

f) *Los cambios nocivos del lecho de las aguas;*

j) *La alteración perjudicial o antiestética de paisajes naturales;*

l) *La acumulación o disposición inadecuada de residuos, basuras, desechos y*

desperdicios;

Es también pertinente el Art. 9 en el que se establece el uso de elementos ambientales y de recursos naturales renovables, cuya utilización de los recursos se fundamenta en los principios de eficiencia para lograr un máximo aprovechamiento, sin lesionar el interés general de la comunidad, o el derecho de terceros y sin una utilización por encima de los límites permisibles que *alteren las calidades físicas, químicas o biológicas naturales, produzcan el agotamiento o el deterioro grave de esos recursos o se perturbe el derecho a ulterior utilización en cuanto esta convenga al interés público.*

En el Art. 32 se establecen los requisitos y condiciones para la importación, la fabricación, el transporte, el *almacenamiento, la comercialización, el manejo, el empleo o la disposición de sustancias y productos tóxicos o peligrosos*, previniendo su daño al ambiente.

En éste Decreto, también se fijan las zonas prohibidas para descargas residuales, industriales y domésticas, sin previo tratamiento y en cantidades y concentraciones que sobrepasen los niveles admisibles, lo anterior queda establecido en el Art. 138.

El Art. que habla directamente de las zonas industriales es el 141, que dice: *Las industrias que no puedan garantizar la calidad de las aguas dentro de los límites permisibles, solo podrán instalarse en lugares previamente señalados. Para su*

ubicación en zonas industriales se tendrán en cuenta el volumen y composición de los efluentes y calidad de la fuente receptora.

Con éste Decreto – Ley, también denominado *Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente*, Colombia se acogió a los postulados de la Conferencia de Estocolmo de 1972. Para su época, esta legislación fue avanzada pero dispersa y desordenada por lo tanto muy pocas veces era aplicada. A demás de esto no existía una gestión institucional que permitiera el control y vigilancia del uso de los recursos naturales por parte de entidades e industrias.

En 1978 se establece el Decreto 1741, en el cual se crea un área de manejo especial de la Bahía de Cartagena.

Por otra parte el Decreto 2104 de 1983, en el que se reglamenta la disposición de las basuras y residuos sólidos, se establece la definición de términos ambientales, utilizados en éste trabajo de grado y que son citados en diversos capítulos y dentro del glosario. Los términos definidos en éste Decreto son:

- Basura
- Desperdicio
- Desecho

- Residuo:
 - Domiciliario
 - Sólido
 - Comercial
 - Institucional
 - Industrial
 - Patógeno
 - Tóxico
 - Combustible
 - Inflamable
 - Explosivo
 - Radioactivo
 - Volatilizable
 - Con características especiales
- Lodo
- Tratamiento
- Disposición sanitaria de basuras
- Enterramiento de basuras
- Relleno sanitario de basuras
- Disposición sanitaria al mar

En éste mismo Decreto el Art. 70 establece la prohibición de abandonar basuras a cielo abierto en vías públicas y cuerpos de agua. Como complemento de éste el Art. 73 regula la disposición final de basuras al mar.

Pero uno de los decretos más puntuales y ordenados sobre el uso de los cuerpos de agua y los residuos líquidos es el 1594 de 1984.

También se establecen los límites permisibles para las descargas de aguas residuales, basados en porcentajes de carga contaminante como DBO, DQO, grasas y aceites y SST. Sobre éste Decreto existen opiniones encontradas, debido a que es menos restrictivo con los mayores contaminantes y fija plazos muy cortos para la implementación de proyectos de tratamiento. Esta norma contempla varios contaminantes y sus niveles permisibles.

El Decreto 1594 establece, como anteriormente se mencionó, los usos del agua y residuos líquidos. En el Art. 6 se especifica el significado de vertimiento líquido, que bajo la sombra de la legislación sería la descarga líquida de residuos hecha a un cuerpo de agua o al alcantarillado. Desde el Art. 13 hasta el Art. 18 definen conceptos ambientales útiles para éste trabajo. Dichos conceptos son los siguientes:

- Concentración de una sustancia
- Carga al producto
- Toxicidad
- Toxicidad aguda
- Toxicidad crónica

En el Art. 20 establecen las sustancias consideradas de interés sanitario por su peligrosidad para los seres humanos y animales. Las sustancias que competen

para efecto de esta investigación, por su relación directa con la actividad productiva de la ZIM, son:

- Arsénico
- Plomo
- Bario
- Selenio
- Cadmio
- Cobre
- Cromo
- Benceno
- Mercurio
- Níquel
- Fenoles
- Hidrocarburos
- Pesticidas
- Sustancias patógenas

Éste Decreto también establece los usos del agua, en el Art. 29. Según dicho Artículo la utilización de los cuerpos de agua son:

- a. Consumo humano y doméstico;
- b. Preservación de flora y fauna;
- c. Agrícola;
- d. Pecuario;

- e. Recreativo;
- f. Industrial;
- g. Transporte.

Del Art. 30 al 36 definen de manera específica cada uno de los usos nombrados en el Art. 29.

Uno de los Art. más importantes de éste Decreto es el 38, en el que establecen los niveles permisibles de sustancias para el uso del agua como consumo humano y domestico.

REFERENCIA	EXPRESADO COMO	VALOR
Amoniaco	N	1.0
Arsénico	As	0.05
Bario	Ba	1.0
Cadmio	Cd	0.01
Cinc	Zn	15.0
Cobre	Cu	1.0
Color	Color real	75 Unidades escala
	Platino - Cobalto	
Compuestos Fenólicos	Fenol	0.002
Mercurio	Hg	0.002
Nitratos	N	10.0
Nitritos	N	10

PH	Unidades	5.0 a 9.0 unidades
Plata	Ag	0.005
Plomo	Pb	0.005
Selenio	Se	0.001
Coliformes totales	NMP	20.000
		microorganismos/100 ml.
Coliformes fecales	NMP	2.000
		microorganismos/100 ml

Tabla 5- Niveles permisibles de mercurio en diferentes países del mundo -Fuente:

Decreto 1594 de 1984

A demás de esto, dentro de lo parámetros establecidos aclaran, que no se aceptará en el agua una *película visible de grasas y aceites flotantes, materiales flotantes, radioisótopos y otros no removibles por tratamiento convencional que puedan afectar la salud humana.*

Ahora bien, en el Art. 42 se establecen los niveles permisibles de contaminantes en los cuerpos de agua para el uso recreativo primario y secundario.

REFERENCIA	EXPRESADO COMO	VALOR
Tenso activos	Sustancias activas al azul de metileno	0.5
Oxígeno disuelto		70% concentración de saturación
pH	Unidades	5.0 a 9.0 unidades
Coliformes totales	NMP	1000 microorganismos/100 ml.
Coliformes fecales	NMP	200 microorganismos/100 ml

Tabla 6 – Niveles permisibles de contaminantes en los cuerpos de agua para el uso recreativo primario y secundario- Fuente: Decreto 1594 de 1984

Al igual que en el Artículo anterior, en el cuerpo de agua, no se aceptará *película visible de grasas y aceites flotantes, presencia de material flotante proveniente de actividad humana, sustancias tóxicas o irritantes cuya acción por contacto, ingestión o inhalación, produzcan reacciones adversas sobre la salud humana y el nitrógeno y el fósforo deben estar en proporciones que no causen eutroficación.*

En el Art. 44 describen los criterios de calidad necesarios para destinar el recurso para uso estético. Los criterios son los siguientes:

- a. Ausencia de material flotante y de espumas, provenientes de actividad humana.

- b. Ausencia de grasas y aceites que formen película visible.
- c. Ausencia de sustancias que produzcan olor.

Como punto importante de éste Decreto se puede destacar el Art. 49, en el cual se explica y decreta que en los lugares donde se le den múltiples usos al agua (Como en el caso de la BC) la reglamentación sobre el uso del recurso debe ser más estricta y restrictiva. Como consecuencia de esto los criterios de calidad ambiental deben ser superiores para el cuerpo de agua y su utilización.

Sobre el vertimiento de residuos líquidos, el Decreto establece y reglamenta los criterios para esto en los Art. 63 y 66, en los cuales se explican los indicadores de calidad aplicados a los cuerpos marinos teniendo en cuenta el uso y los tipos de residuos. Esto lo hacen aclarando enfáticamente que la descarga de residuos no puede impedir los usos actuales y potenciales del ecosistema acuático.

El Artículo 70 trata sobre los sólidos, sedimentos y lodos que provienen de sistemas de tratamiento de agua, producción industrial o equipos de contaminación ambiental. Dichos sólidos, según la ley, no podrán verterse en cuerpos de agua superficiales, subterráneos, marinos, estuarios o alcantarillado. De igual manera, en el Art. 87 prohíben las descargas de residuos líquidos de embarcaciones, buques y cualquier otro medio de transporte fluvial o marino.

Teniendo en cuenta lo anterior, en el Art. 90 nuevamente reafirma, que en ningún caso, los vertimientos de residuos líquidos que alteren las características del ecosistema acuático serán permitidos.

En el campo de los hidrocarburos y sustancias peligrosas, el Art. 168 se refiere al respecto, estableciendo puntualmente lo siguiente:

“A los usuarios de interés sanitario cuyos vertimientos presenten riesgos para la salud y a los usuarios que almacenen, procesen, o transporten hidrocarburos u otras sustancias peligrosas para la salud o para los recursos naturales renovables, el Ministerio de Salud, las EMAR o las entidades delegadas podrán exigirles la presentación y desarrollo de un plan de prevención y control de accidentes, sin perjuicio del cumplimiento de la Ley 9 de 1979 y las disposiciones reglamentarias sobre la materia”.

Los anteriores Artículos del Decreto 1594 de 1984 hacen referencia a toda la legislación sobre contaminación hídrica provocada por descargas de desechos industriales. Este Decreto es uno de los más importantes en cuanto al tema.

Es importante destacar la Ley 99 de 1993, con la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, el Sistema Nacional del Ambiente (SINA) y el Consejo Nacional del Ambiente.

El Ministerio tiene como funciones:

- Ser el rector de la gestión ambiental en el país;
- Formular la política ambiental, para esto se requiere de un alto nivel técnico;
- Coordinar la acción de las entidades que hacen parte del Sistema Nacional del Ambiente;

Asimismo, el Sistema Nacional del Ambiente, está encargado de organizar la administración ambiental en cada departamento y región del país, como también solucionar problemas institucionales como la dispersión y duplicidad de las responsabilidades, conflictos de competencia entre las entidades vigilantes del uso de los recursos naturales.

Con esta misma Ley se creó el Consejo Nacional del Ambiente, cuya función es la coordinación y concertación de la gestión ambiental a nivel nacional, para esto, el Consejo está integrado por los Ministros cuyos sectores produzcan actividades que causen repercusiones en el ambiente.

Por lo tanto, el Consejo es un mediador entre las necesidades de cada sector, indispensables para el desarrollo nacional, y la preservación y cuidado de nuestros recursos naturales.

Sobre el recurso hídrico colombiano, en esta Ley se establece que el agua es de importancia estratégica para el país, debido a que es la base de la vida, de la cual depende el desarrollo económico, cultura y social de Colombia; por lo tanto, es necesario lograr la eficiencia en la asignación y el uso del recurso.

En 1994, se creó la Ley 152 o Ley Orgánica del Plan de Desarrollo, la cual trata sobre la planeación que deben establecer las entidades territoriales (en nuestro caso CARDIQUE) para procurar la sostenibilidad ambiental en concordancia con el desarrollo socio-económico. Debido a esto los planes de desarrollo deben crear estrategias, programas y proyectos que mantengan la armonía ambiental y que permitan *estimar los costos y beneficios ambientales para definir las acciones que garanticen a las actuales y futuras generaciones una adecuada oferta ambiental.*

Con esta Ley se busca garantizar que las entidades territoriales, sean mediadoras entre el crecimiento socio-económico, que incluye la producción industrial, y el medio ambiente.

Un complemento de la Ley anterior, podría ser el Decreto 1865 de 1994, el cual establece que las entidades o corporaciones territoriales están en la obligación de crear un Plan de Gestión Ambiental Regional por un periodo mínimo de 5 años (CCPL). Dichos planes deben controlar el uso y manejo de los recursos naturales, en el caso que compete a éste trabajo, el recurso hídrico.

Fue en 1995, en la Ley 188 (Plan Nacional de desarrollo 1995 – 1998) cuando se establece la política ambiental de una Producción más Limpia para el sector industrial del país.

En 1997 se creó la Política para el Manejo Integral del Agua, su objetivo es manejar la oferta nacional del agua sosteniblemente, para *atender lo requerimientos sociales y económicos del desarrollo en términos de cantidad, calidad y distribución espacial y temporal*. Uno de los vectores más importantes de esta política es Producción más Limpia.

También en 1997 se creó el Decreto 901, que trata sobre la reglamentación de las Tasas Retributivas, que se establecieron por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de vertimientos; dichas tasas sirven como fórmula para reducir el impacto ambiental proveniente de la actividad industrial y el sector de servicios.

En éste Decreto presentan definiciones útiles para esta investigación, como:

- Carga contaminante diaria
- Concentración
- Límites permisibles de vertimiento
- Punto de descarga
- Recurso
- Vertimiento

El objetivo es establecer con esta tasa, metas de reducción de carga contaminante, que se definirán cada 5 años.

Respecto a los desechos peligrosos se crea la Ley 430 de 1998, en la cual se dictan normas prohibitivas respecto a dichos desechos. Con esta Ley se busca minimizar la generación de residuos peligrosos, diseñar estrategias para estabilizar la generación de residuos peligrosos por parte de las industrias que tengan procesos productivos obsoletos, crear políticas e implementar acciones para sustituir dichos procesos contaminantes y obsoletos por procesos limpios, con innovación tecnológica y recurso humano especializado.

Existe otro Decreto que es muy útil para definir y puntualizar conceptos en el campo ambiental dentro de este trabajo de grado y es el Decreto 475 de 1998 o Decreto del Agua Potable; Dentro de éste, se encuentran las definiciones de términos y conceptos ambientales ampliamente utilizados en esta investigación, los cuales son los siguientes:

- Agua cruda
- Agua para consumo humano
- Agua potable
- Calidad del agua
- Contaminación del agua
- Escherichia Coli (E-coli)
- Grupo coliforme
- Índice coliforme

- Polución del agua
- Sustancias flotantes
- Valor admisible

El significado de cada uno de los anteriores conceptos es de suma importancia para éste trabajo, debido a que hacen parte del contexto ambiental del problema a tratar.

En 1999, el Estado, asume una posición más exigente sobre el recurso hídrico, debido a que considera al agua como el eje articulador de la política ambiental nacional. Como una búsqueda de soluciones que permitan detener el deterioro de los ecosistemas acuáticos se crea la Ley 508 – Plan Nacional de desarrollo 1999 – 2002.

Dentro de éste Plan se encuentra el Programa del Agua, el cual, busca un ordenamiento, manejo adecuado y recuperación de los ecosistemas hídricos.

El Gobierno Nacional en el 2003 vuelve a legislar sobre las tasas retributivas, pero en esta ocasión siendo más específicos en el asunto hídrico. Con el Decreto 3100 de 2003 el Estado reglamenta las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de vertimiento puntuales, teniendo especial cuidado con aquellos ecosistemas que se consideren prioritarios por sus condiciones de calidad.

Existen más decretos y leyes relacionados con el tema ambiental y el cuidado de los recursos hídricos, pero que debido a la poca pertinencia con esta investigación no son citados en este capítulo.

2.2 Planes, políticas y convenios a nivel local

Para 1991, se establecen dos Acuerdos del Concejo Distrital de Cartagena, en los que se pone en evidencia los graves daños ambientales que presentan los ecosistemas acuáticos en la ciudad.

El primer Acuerdo No 50 fue firmado el 20 de septiembre de 1991 y dice:

“Que los análisis y los diferentes estudios realizados hasta la fecha por el Ministerio de Salud Pública, el Himat, el Inderena y otras entidades, advierten altísimos niveles de sustancias químicas y bacteriológicas tales como el bacilo de coli, mercurio y otros elementos tóxicos (detectados en las aguas) que son lesivos para la salud humana, el medio ambiente y el equilibrio ecológico”.

Sobre los controles ambientales en el documento agregan: *“No existen regulaciones ni controles adecuados sobre los efluentes municipales e industriales que son descargados diariamente a las fuentes naturales”.*

Respecto a la calidad del agua de los ecosistemas, en el Acuerdo se argumenta lo siguiente: *“Que el material orgánico que entra al ecosistema de la BC, lagos, lagunas, caños y playas es biodegradado a expensas del oxígeno de las aguas*

recipientes, reduciendo los niveles naturales de éste elemento, causando la muerte por anoxia de la flora y la fauna”.

Para el Concejo Distrital y para la Alcaldía Municipal el grado de contaminación de la BC es el causante de un devastador deterioro del medio ambiente y éste deterioro crece proporcionalmente con el desarrollo turístico e industrial de la ciudad; por lo tanto, *“estos daños acumulados al ecosistema donde está ubicado el Distrito Turístico de Cartagena, se ha convertido en un problema vivencial para la ciudadanía”.*

Para prevenir y detener la contaminación se dictaron disposiciones como la resolución No 9350 del Ministerio de Salud, en la que se establecen normas para el control de contaminantes y dispone las sanciones aplicables a los infractores. Debido a esto el Concejo Distrital de la ciudad, declara a Cartagena en emergencia ambiental y crea estatutos regulatorios. También le da facultades extraordinarias al Alcalde de la ciudad para contratar expertos que presenten un diagnóstico de la situación de contaminación de los cuerpos de agua de la ciudad.

En noviembre del mismo año, en el Acuerdo Municipal No 58, el Gobierno Distrital presenta el proyecto de “Programa de saneamiento de los cuerpos de agua”.

En 1994 se firmó en la ciudad el Plan de Acción Ambiental para Cartagena de Indias. En el cual se definen y precisan los aspectos técnicos necesarios para

efectuar el control de la contaminación industrial, en el suelo, la atmósfera y el agua, producida por la ZIM. Éste plan fue el punto de partida para la realización de gestión ambiental en la ciudad.

2.2 Convenio de Producción Limpia

En junio de 1995 se firmó el convenio de concertación para una Producción más Limpia entre el Gobierno Nacional, el Ministerio del Medio Ambiente³⁵ y el sector empresarial. En septiembre del mismo año, se firmó en Cartagena el Convenio de Concertación para una Producción más Limpia entre el Ministerio del Medio Ambiente, CARDIQUE, DAMARENA, Superintendencia General de Puertos, DIMAR, CIOH y el sector industrial de Mamonal, representado por la Fundación Mamonal.

A nivel nacional el programa de Producción más Limpia tiene como objetivo promover procesos industriales no contaminantes, en aquellos sectores considerados dinamizadores de la economía y que a su vez son los que producen mayor impacto ambiental. En el país los sectores productivos que más se destacan en éste sentido son: la minería, el energético, el industrial, el turístico, el agropecuario y el de la construcción.

Logrando procesos industriales menos contaminantes se puede trazar como meta la sostenibilidad ambiental como objetivo fundamental dentro de los sectores productivos de la economía.

³⁵ Así estaba constituido y denominado en esa época el Ministerio

La Política Nacional de Producción más Limpia también busca que las industrias emprendan la implementación de tecnología en sus procesos productivos, para lograr la reducción de la contaminación por desechos y vertimientos industriales.

Esta Política plantea que es más efectivo y económico prevenir la contaminación que tratarla cuando ya es un proceso avanzado.

En el país se destacan los convenios establecidos en diferentes regiones con sectores como la industria de caña de azúcar, metalmecánica, estaciones de servicio e hidrocarburos.

Los corredores industriales que han efectuado el convenio son: Oriente Antioqueño, Valle de Aburra, la Vía 40 en Barranquilla y la Zona industrial de Mamonal (ZIM), este último convenio es el que le compete a éste trabajo de grado.

El Convenio de Concertación para una Producción más Limpia (CCPPL) firmado en Cartagena comprometió al gremio industrial, representado por la Fundación Mamonal, a implementar un programa en un plazo de 5 años (que luego se amplió) para que se lograra cumplir la normatividad ambiental expedida por el Estado y reducir las descargas de desechos a límites más cercanos a los permisibles.

El objetivo de éste convenio es lograr la ejecución de acciones concretas que conduzcan a la reducción de contaminantes, mediante la implementación de métodos de producción más limpios, ambientalmente sanos y seguros, para disminuir el nivel de contaminación de los procesos industriales, reduciendo los impactos ambientales, optimizando los recursos naturales localizados en el área de influencia de la ZIM.

Para esto impusieron la obligatoriedad de las licencias ambientales, la realización de auditorías ambientales por las Corporaciones Autónomas Regionales.

Para lograr todo esto, la Fundación Mamonal se comprometió a realizar un diagnóstico ambiental de la zona, que fue entregado en diciembre de 1995. Con base en éste diagnóstico, el Ministerio del Medio Ambiente, caracterizó y evaluó la calidad de los recursos de aire, agua y suelo en la ZIM.

Los resultados de está evaluación de la situación ambiental de la ZIM se crearon las metas de reducción y se estableció el recurso hídrico como el más afectado.

Los principales compromisos de las industrias fueron los siguientes:

- *Adopción de tecnologías limpias, a través de la reducción de cargas contaminantes y aumento en la eficiencia de los procesos productivos, mediante*

la utilización de materiales sustitutos, reformulación de productos, reciclaje y reutilización de residuos y desechos.

- *Utilización de energéticos más limpios y fuentes de energía no convencionales.*
- *Establecimiento de alternativas de recuperación y aprovechamiento de subproductos de las actividades productivas.*
- *Adopción de sistemas de control de la contaminación hídrica, atmosférica y de suelos.*³⁶

Respecto a esto, a la Fundación Mamonal junto al Ministerio del Medio Ambiente les corresponde promover programas que ayuden al cumplimiento de las normas ambientales en la ZIM. Asimismo, las empresas pertenecientes a la Fundación, que en la época de la firma del convenio generaban niveles y concentraciones de contaminantes por encima de los límites establecidos en las normas ambientales, se comprometieron a acoger el siguiente plan de trabajo:

Año 1: Reducción del 10%

Año 2: Reducción del 50%

Año 3: Reducción del 70%

Año 4: Reducción del 100%³⁷

Lo anterior para darle cumplimiento a la ley y lograr el saneamiento básico ambiental de la ciudad.

³⁶ Documento de Convenio de Concertación para una Producción más Limpia - CARDIQUE

³⁷ Los porcentajes de reducción se refieren a la diferencia entre el resultado de la evaluación inicial y el límite permisible establecido por la Ley.

La reglamentación y regulación ambiental en Colombia es sólida y está bien conceptualizada, pero aún le falta gestión y más cubrimiento en el control y vigilancia de la misma.

3. Definición de la regulación y alcances de la evaluación

Para hacer la evaluación costo – beneficio se utilizó el “*Análisis General del Impacto Económico y Social*” (AGIES), el cual sirve como guía para analizar los impactos económicos generados por la política estudiada, en el caso de esta investigación el Convenio Concertación para una Producción Limpia (CCPL) y por la propuesta del investigador, el plan de descontaminación.

Con la utilización del AGIES se hace una comparación de los costos con los beneficios para llegar a una caracterización de los impactos ambientales y económicos producidos en todos los agentes, tanto los del CCPL como los de la propuesta del investigador.

3.1 Definición de la regulación y los instrumentos que se implementaron

La regulación ambiental que se va a analizar es el *Convenio de Concertación para una Producción Limpia* (CCPL), adelantado por entes del sector público y privado en Cartagena de Indias. Es consideración del autor la escogencia de este convenio, luego de una extensiva y minuciosa revisión bibliográfica del marco legal alrededor de la contaminación hídrica en Colombia. Otra de las razones de peso para el enfoque de este estudio en el CCPL, es la disponibilidad de datos estadísticos e información en general acerca de los costos y situación ambiental, que hacen posible la implementación de una

metodología de costo-beneficio. La principal razón para la determinación del CCPL como la regulación ambiental a analizar es, de hecho, la cobertura de este convenio, ya que abarca a las principales industrias de la Zona Industrial Mamonal (ZIM), y más convenientemente aun se centra en las industrias de la ZIM que representan los comportamientos contaminantes más severos.

El “*Convenio Marco de Concertación para una Producción Limpia*” se firmó entre el Gobierno Nacional y los gremios empresariales el 5 de Junio de 1995 y reglamenta la elaboración de Convenios de concertación regionales. Uno de estos convenios de concertación regional es el CCPL y su cobertura es la ZIM localizada en el Distrito de Cartagena de Indias.

El CCPL es un plan de cumplimiento de la legislación ambiental colombiana para la reducción de las emisiones contaminantes. “*El objetivo concreto y preciso es el mejoramiento de la gestión pública y el control de la reducción de contaminantes, mediante la adopción de métodos de producción y operación más limpios, ambientes sanos y seguros, orientados a disminuir el nivel de la contaminación de actividades productivas, reducir el riesgo relevante para el ambiente y optimizar el uso racional de los recursos naturales localizados en el área de influencia directa o indirecta del convenio*”³⁸

³⁸ Ministerio del Medio Ambiente. CONVENIO DE CONCENTRACIÓN PARA UNA PRODUCCIÓN LIMPIA. Pág. 3.

Dentro del marco de este plan se establecieron las siguientes metas:

- Las empresas firmantes del convenio establecerán un plan de manejo de residuos sólidos reciclables y/o reutilizables, tales como papel, cartón, plástico, vidrio y metal. De tal manera que a finales de 1998 se tenga un cubrimiento del 100%.
- Las empresas firmantes poseerán para 1997 planes de contingencia y la infraestructura necesaria para evitar episodios críticos dándole énfasis a los riesgos ambientales.
- El establecimiento y puesta en marcha del Programa de Concientización y atención de emergencias APELL para finales de 1999.
- Se planteó un plan de descontaminación para las empresas firmantes que a la fecha de la firma del *Convenio de Concertación para una Producción Limpia* (CCPL) registren emisiones por encima de lo establecido por las normas ambientales vigentes. Este plan de descontaminación contempló el siguiente cronograma:
 - Primer Año: Reducción del 10%
 - Segundo Año: Reducción del 50%
 - Tercer Año: Reducción del 70%
 - Cuarto Año: Reducción del 100%

El porcentaje de reducción hace referencia a la diferencia entre las emisiones de la fuente y las cifras contempladas en las normas ambientales.

3.2 Delimitación de la regulación, los instrumentos y el ámbito territorial
donde serán activos

La duración del CCPL se fijó en 10 años con posibilidades de extensión o terminación prematura si los firmantes, de común acuerdo así lo deciden. El CCPL como se mencionó anteriormente fue firmado como un convenio regional y su cobertura se extiende el área de influencia directa e indirecta de la ZIM.

Sin embargo, para efectos de este ejercicio teórico la delimitación espacial se reducirá contaminación de la ZIM que produce externalidades negativas ambientales (ENA) en la Industria del Turismo a través de la Bahía de Cartagena (BC).

3.3 Identificación de los Principales Agentes Involucrados

Los agentes involucrados en el CCPL forman una muestra significativa de las empresas de la ZIM que representan el principal agente contaminante de la Bahía de Cartagena.

Los actores públicos que intervienen en el CCPL son:

- Ministerio Del Medio Ambiente, como coordinador del Sistema nacional Ambiental –SINA –.
- Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique –CARDIQUE –.
- Departamento Administrativo del Medio Ambiente de Cartagena de Indias –DAMARENA –.

Los actores del sector privado son:

- Fundación Mamonal, en representación de sus empresas miembros:
Sector Petroquímico:
 - Cabot Colombiana S.A., Dexton S.A., Dow Química de Colombia, ECOPETROL, Esso Colombiana, Petroquímica Colombiana S.A., Propilco, Texas Petroleum Co.

Sector Manufacturero

- Agafano, Abocol, Biofilm, Cellux Colombiana S.A., Ciba Ceigy Col. S.A., Colclinker, Colterminales, Etec, Industrias Químicas Real, Laboratorios Gerco, Ladrillera La Clay, Maltería de Colombia S.A., Paad, Polyban, Polymer, Siderurgia de Boyacá, Tecnoají, Van Leer de Colombia S.A., Curtimbres Maceutti, Indupollo.

Sector Carnes, Pescados y Mariscos

- Antillana S.A., Atunes de Colombia, Cartagena Shrimp Co.
Frigopesca, Océanos S.A., y Vikingos Colombia S.A.

Sector Eléctrico

- Corelca, Electribol S.A., y Proeléctrica S.A.

Otros Sectores

- Astilleros Vikingos, Cartazas, Ciudad Limpia, Contecar S.A.,
Ferretería Reina S. en C., K&M ST Colombia Ltda., Lime,
Metalización, Promigas S.A., Stewart Stevenson, Zona Franca La
Candelaria y Zona Franca S.A.

Los actores anteriormente mencionados son los que originalmente firmaron el acuerdo. Dentro de esta regulación se adoptó la concertación como instrumento de dialogo y coordinación.

Otro agente involucrado directamente en el marco del CCPL para propósitos de este análisis es la BC que funciona como sumidero de desechos de la ZIM.

Un agente involucrado indirectamente es la industria del turismo cuyas actividades se ven perjudicadas por parte del deterioro de la BC ocasionado por los entes contaminantes, entre ellos la ZIM.

Existen otros agentes involucrados directa e indirectamente que no serán tomados en cuenta dentro de este ejercicio teórico. Entre estos agentes están:

Poblaciones aledañas a la ZIM que comprenden la comuna 11 con 18 barrios, parcialmente el municipio de Pasacaballos, la comuna 10, la isla de Barú y Tierra Bomba.³⁹

Igualmente constituyen agentes dentro del marco de aplicación del CCPL las actividades industriales y comerciales, diferentes a las turísticas, desarrolladas en la BC y que fueron mencionadas en apartes anteriores; a saber; pesca artesanal, pesca de moluscos, transporte de pasajeros (no turistas), transporte de productos, carga y descarga de químicos y combustibles, operaciones de muelles, vertimiento de aguas dulces del Canal del Dique y desagüe de aguas servidas sin tratar.

³⁹ ROCA et al. Tesis de Grado para Optar la Título de Magíster en Gestión Ambiental para el desarrollo sostenible con énfasis en zonas costeras. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA ZONA INDUSTRIAL DE MAMONAL. 1998. Pág. 100.

3.4 Identificación preliminar de impactos económicos, metodologías y requerimientos de información

Se espera que el comportamiento de la ZIM sea la inversión en métodos de operación y producción más eficientes que reduzcan los impactos ambientales de las actividades económicas desarrolladas por las industrias. De la misma manera la ZIM debe responder con gastos en proyecto de responsabilidad integral con miras hacia la retribución social de los impactos ambientales negativos generados. Estos serían los impactos negativos producidos por el CCPL y se constituye en una internalización de los costos externos generados por las ENA de sus procesos productivo. Sin embargo, las inversiones generadas por la ZIM para el cumplimiento del CCPL también generan impactos positivos para ellas: mayor eficiencia en la producción, uso racional de recursos, posibilidad de incentivos económicos por parte de gobierno y aperturas de nuevos mercados debido a la posibilidad de la certificación ambiental y de calidad.

Debido a la ejecución del plan de descontaminación planteado en el CCPL se esperan impactos positivos sobre la BC. Concretamente reducción en los principales indicadores ambientales de cuerpos de agua como son demanda química de oxígeno, DQO; Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO; Sólidos Suspendidos Totales, SST; Grasas y Aceites; Fenoles e Hidrocarburos Totales.

Los beneficios presentes en la industria del turismo se deben a la descontaminación que conlleva la ejecución del CCPL sobre la BC. Estos beneficios se dan gracias a la internalización de los costos externos realizados por la ZIM para la disminución de la polución. Este impacto se ve reflejado en una mayor calidad del agua que el turista puede percibir. Así se permite a lo largo del tiempo que la ciudad de Cartagena se posicione en el mercado de turismo Sol y Playa con respecto a sus competidores de la Cuenca del Caribe.

También son impactos positivos indirectos de la implementación del CCPL sobre la población antes mencionada que se encuentra dentro de la zona de influencia directa e indirecta de la ZIM. Este agente se beneficia de los proyectos de responsabilidad integral, disminución de la morbilidad, mejoras en la calidad de vida producto de las inversiones en el saneamiento ambiental, así como en proyectos de carácter social compensatorio.

Por último, las actividades como la pesca artesanal y la pesca de moluscos se benefician de la puesta en marcha del CCPL mediante una mejora en la calidad de los peces y moluscos debido a la disminución de la contaminación en la BC.

En cuanto a la maquinaria empleada en actividades como operaciones de muelles, cargue y descargue de químicos y combustibles; la disminución de aspectos ambientales como los SST disminuyen las posibilidades de

sedimentación haciendo que actividades como el dragado sean menos frecuentes generando una disminución de los costos. De igual forma los nutrientes presentes en el cuerpo de agua alteran el crecimiento de la flora acuática, la disminución de estos hace posible un mantenimiento de menor frecuencia en especial de elementos móviles tales como las propelas. Además el aumento de la acidez en el medio acuoso en el que se encuentran los buques genera una aceleración de los procesos de corrosión de los materiales generando, por ejemplo cambios prematuros en la protección anódica, situación que se dilataría con un medio menos ácido.

Para analizar los costos de la ZIM en este ejercicio teórico se utilizarán los costos financieros de la implementación del Convenio de Concertación para una Producción Limpia (CCPL), convirtiéndolos en precios cuenta, mediante la multiplicación de dichos precios por su correspondiente Razón Precio Cuenta (RPC) para efectuar la valoración económica y social de las inversiones y gastos. Se establecerá de esta manera un flujo de caja para los costos sociales de la ejecución del CCPL (Castro y Mokate, 2003).

En cuanto a los beneficios generados por la inversión de la ZIM en el mejoramiento de sus procesos productivos se valoraran de la misma manera que los costos. Sin embargo, se tendrán en cuenta las restricciones impuestas por la poca disponibilidad de la información a este respecto.

Con el objeto de valorar los beneficios producidos por la realización del plan de descontaminación propuesto por el CCPL se utilizará el método de valoración contingente (MVC) para hallar la disposición a pagar. A través de una función de utilidad indirecta, a su vez, obtendremos el excedente del consumidor. Este excedente se constituye en la medida de bienestar de la industria turística. Estas cifras son comparables a los costos y serán la herramienta para la realización de la valoración.

La estimación de los impactos restantes no representa el objetivo de este trabajo de grado, además de resultar una tarea de alta dificultad práctica; debido a vacíos de información y poca claridad en la manifestación de los impactos, en algunos casos; por lo tanto la valoración de estos no se realizará.

3.5 Delimitación del análisis, acotar los agentes y las áreas geográficas a considerar

Poseemos una muestra de 19 empresas vinculadas al CCPL de las 49 que hacían parte del convenio. Las empresas se encuentran clasificadas por sector. No se suministran los nombres de las empresas debido a la calidad de confidencialidad con que los datos estadísticos fueron entregados al autor. Esta muestra esta definida mediante un diseño de muestreo no probabilístico por conveniencia, como se afirmó anteriormente. El tamaño muestral se define según la accesibilidad de la información acerca de los costos de

implementación en que la ZIM incurriría para solventar las externalidades negativas ambientales (ENA) producidas sobre la BC.

3.6 Grado de profundidad y simplificaciones

Para simplificar la población existente en la ZIM se agruparon las empresas según la sectorización histórica que comprende cinco sectores macro: Alimentos, Manufacturas, Aseo, Instalaciones Portuarias y Otros. Como se observa en las figuras 1 y 2 la distribución porcentual de la muestra se asemeja mucho a la distribución poblacional a excepción de las instalaciones portuarias que no hacen parte del CCPL y que por lo tanto constituyen un vacío de información.

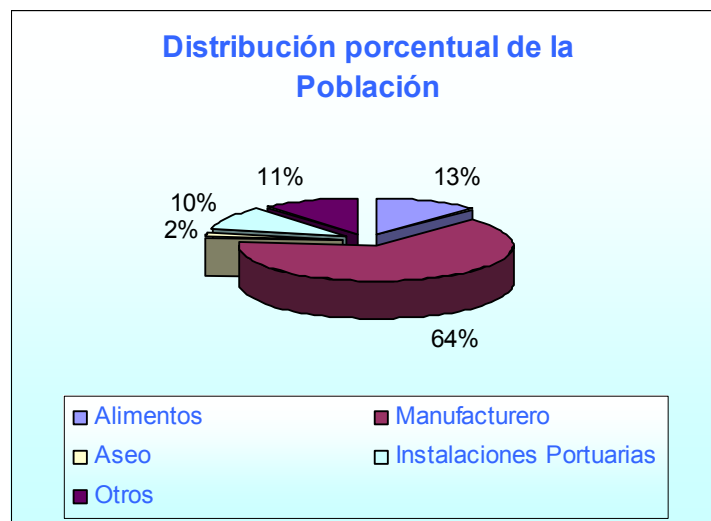


Figura 1. Distribución porcentual por sectores de la población.

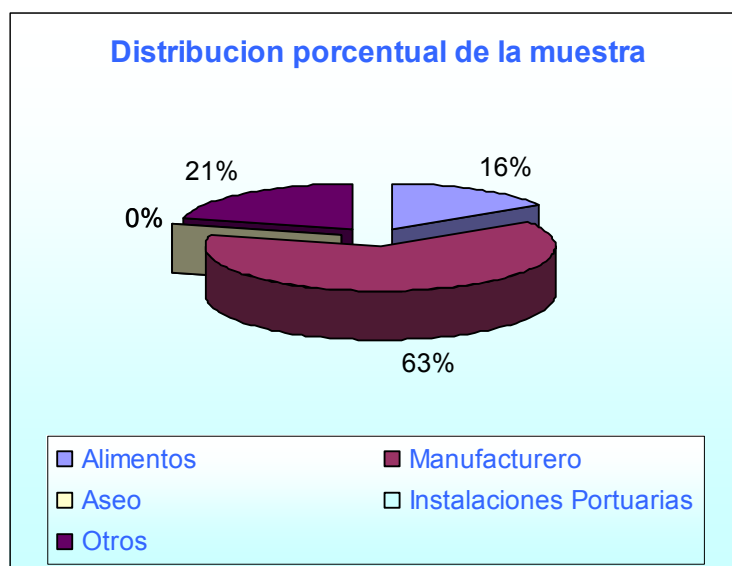


Figura 2. Distribución porcentual por sectores de la muestra.

3.7 Situación base

La BC es el ecosistema acuático en el que se centra esta investigación. Por definición geológica éste cuerpo de agua es una bahía, que desde el periodo cuaternario superior fue de origen arrecifal. La BC sufrió los mayores cambios significativos a mediados del siglo XVII, cuando se dio la apertura del Canal del Dique, que comenzó a descargar agua dulce, sedimentos y materiales terrígenos a la Bahía. Esto transformó su ambiente originalmente marino y con arrecifes de coral, convirtiéndolo en un estuario.

Con el tiempo, el desarrollo urbano, turístico e industrial de la ciudad, generó mayor contaminación, provocando la destrucción de hábitats y biotas de la BC, además del agotamiento de los recursos naturales que la Bahía ofrecía a las personas.

Actualmente la BC presenta serios problemas de anoxia en sus aguas superficiales, a 10 m de profundidad una disminución y hasta desaparición drástica de la fauna, peligrosas acumulaciones de mercurio en los sedimentos y de cadmio en organismos, altos niveles de contaminación fecal, elevadas concentraciones de hidrocarburos y acumulación de basuras sólidas.

A demás de la grave concentración de contaminantes industriales (metales pesados, hidrocarburos, sustancias minerales y químicos, entre otros), la Bahía presenta una alta contaminación microbiológica como consecuencia de las descargas del alcantarillado sanitario. La circulación de las corrientes y la interacción de los coliformes con otros compuestos, provocan la permanencia de los patógenos en el agua, presentando niveles no permisibles de utilización de la BC para contacto primario, sobre todo en sectores turísticos como Castillo Grande y El Laguito (GARAY, 2001).

En cuanto a la contaminación hídrica por vertimientos industriales, es importante destacar las consecuencias de la contaminación producida por empresas con Ácalis, que para la década de los 70 y 80 vertió altas concentraciones de metales traza y pesados, principalmente mercurio.

En el ámbito de la contaminación microbiológica y de patógenos para 1996 y 1997, la Bahía presentó niveles de esta contaminación que sobrepasaban los límites permisibles.

Como se explicó anteriormente, esta contaminación se mide por el índice de coliformes. El Código Nacional de los Recursos Renovables y Protección al Medio Ambiente y el Decreto 1594 de 1984, establecieron que el indicador universal, aplicado para la calidad de aguas, de aceptación en salud pública es la prueba de coliformes totales y fecales. Los niveles permitidos para uso recreativo de contacto primario⁴⁰ son:

Coliformes fecales – NMP/100ml menores a 200 microorganismos

Coliformes totales – NMP/100ml menores a 1000 microorganismos

Se considera un ambiente no contaminado por patógenos a aquellos cuerpos de agua que del 80% al 100% de las muestras analizadas presentan niveles inferiores a 200 NMP/100ml. Del mismo modo, se considera a un ecosistema acuático⁴¹ con alta contaminación aquel que presenta del 100% al 61% de las muestras analizadas niveles que han sobrepasado el máximo valor permisible de coliformes fecales (200 NPM/100ml).

En los análisis realizados a la BC, los niveles siempre sobre pasan los límites permisibles para la salud publica. En la siguiente tabla se pueden comparar los valores de coliformes fecales de 1996, 1997 y 2001.

⁴⁰ Min salud 1984

⁴¹ Estuarino o marino

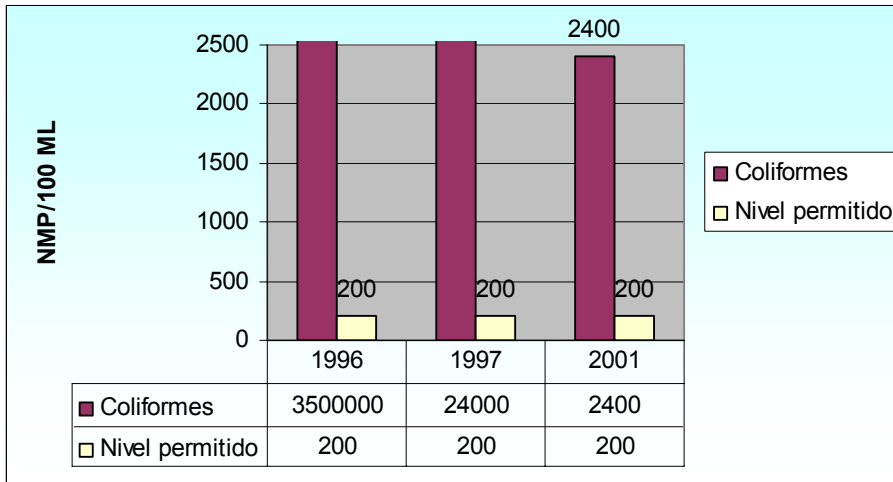


Figura 3- Comparación de indicadores de coliformes fecales 1996, 1997 y 2001 -

Fuente: CARDIQUE

En 1996, todas las muestras presentaban niveles de contaminación alta tanto en época seca como húmeda.

Los datos estadísticos muestran que la Bahía, ha mantenido a través del tiempo, niveles demasiado elevados de polución; la característica de la zona sugiere la persistencia de la contaminación por patógenos y microorganismos en niveles supremamente altos.

Por otra parte, en Cartagena existen aproximadamente 56 muelles entre oficiales y privados, los cuales cumplen fines petroleros, para carga y descarga de combustibles y productos químicos, muelles de carga general y contenedores, cabotaje, químeros, pesqueros, turísticos, de recreación, astilleros, servicios, granel sólido y muelles de actividades varias.

El puerto de la ciudad moviliza, en promedio, 5042 embarcaciones al año⁴², todas mayores de 100 Tb.

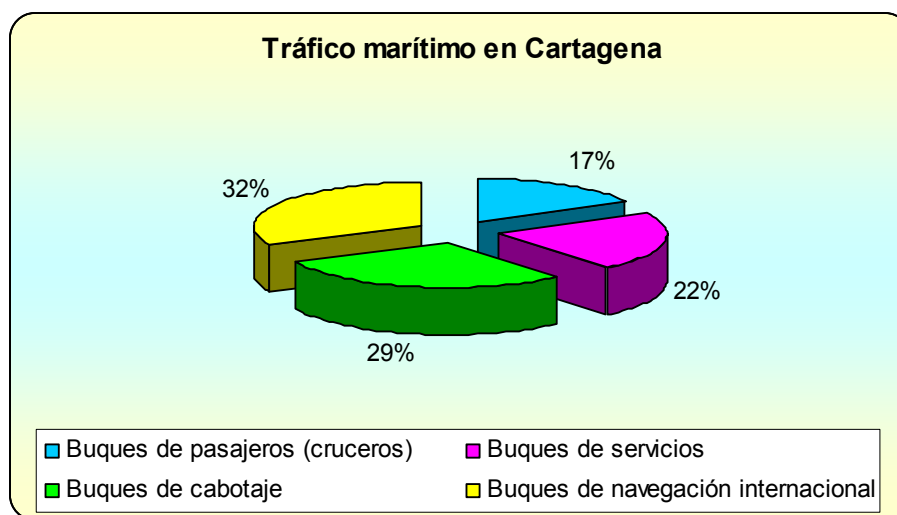


Figura 4- Tráfico marítimo en Cartagena – Fuente: CIOH

Éste alto tráfico marítimo ocasiona problemas de contaminación por hidrocarburos, ya que esta actividad, sumada a la industrial, provoca problemas en la operación de muelles y buques, como:

- Fallas en las operaciones de carga y descarga de los buques
- Existencia de instalaciones portuarias inadecuadas para la recepción de residuos líquidos y sólidos de buques
- Por vertimientos voluntarios e involuntarios de residuos líquidos de buques fondeados o en movimiento.

⁴² Boletín científico No 18 del CIOH

Ahora bien, en el campo de los metales pesados la BC presenta serios niveles de contaminación por Hg. En páginas anteriores ya se explicaron las consecuencias de la contaminación por mercurio, pero desafortunadamente en la Bahía éste no es el único metal pesado convertido en agente contaminante.

La grave problemática presentada debido a la contaminación por Hg, generó un importante interés sobre éste tema, lo cual conllevó a la realización de varias investigaciones y proyectos encaminados a estudiar la contaminación por metales pesados en la BC.

Dichas investigaciones evidencian la presencia y persistencia de contaminación metálica, no sólo por mercurio. Se encontraron metales como cadmio, cobre, cromo, plomo y cinc, tanto en sedimentos de la BC como en las aguas de esta.

Las mayores concentraciones de dichos metales se encuentran en las áreas comprendidas entre la bahía interna y la ZIM.

De todos los metales pesados analizados, el cadmio (después del Hg) es el que ha presentado mayores niveles de concentración.

Desde 1978, se esta midiendo la presencia de metales pesados en la BC y desde esa época el cadmio se evidencia en concentraciones elevadas.

El nivel de cadmio permisible dentro de un cuerpo de agua, para no considerarse contaminante de alto grado, es de 2 µg/g. Entre 1978 y 1979 las

concentraciones de cadmio eran de 2.6 µg/g. Para 1980 y 1990 los niveles de éste metal descendieron de contaminación alta a contaminación media.

Es importante tener en cuenta los siguientes parámetros físicos químicos, comunes en ecosistemas marinos como la BC, para poder analizar su situación de contaminación.

Ecosistema estuarino de la BC	
Parámetros	Niveles adecuados
PH	6.5 a 8.5
OD (mg/l)	1.5 a 80
Salinidad (Ups)	5 a 30
Nitrógeno orgánico	0 a 15.5

Tabla 7- Parámetros físico químicos de un ecosistema estuarino – Fuente: CIOH

El oxígeno disuelto es básico para la vida en un cuerpo de agua. El contenido de éste en los ecosistemas acuáticos está influenciado por la interacción con factores como la atmósfera, los procesos de fotosíntesis (llevados a cabo dentro del medio acuático) y la renovación y mezcla del agua. A su vez, la saturación se relaciona con la temperatura, la salinidad del agua y la dinámica de la misma (GARAY, 2004).

El OD en la Bahía desde la década de los 70 (época desde la que se tiene registro) ha presentado niveles muy bajos, que evidencian el peligro ambiental que representa la BC.

En 1982, las concentraciones de OD se mantenían en niveles permisibles; para la época seca y de transición el OD variaba entre 5. y 7.1 mg/l, medidas que se encontraban en rangos normales; pero en aguas más profundas de la Bahía, descendían de 7.1 a 3.5 mg/l, debido a la turbiedad del agua, que bloquea los procesos fotosintéticos.

Para la temporada de lluvias la OD tuvo descensos significativos, sobre todo a profundidades, los niveles variaron entre 0.5 y 1 mg/l, valores que están por debajo de los permisibles.

Todo esto se debe a la cantidad de sedimentos y turbiedad del agua que no permiten que los procesos fotosintéticos se lleven a cabo, sumado a esto la excesiva presencia de residuos con requerimiento de oxígeno, que provocan situaciones como esta.

A demás de los vertimientos industriales con requerimiento de oxígeno, esta la fuente contaminante de las aguas servidas urbanas, que descargan materia orgánica, y en términos DBO es un promedio de 16 toneladas día, en cuanto a nutrientes (nitrógeno y fósforo) el promedio es de 1.17 toneladas día.

Para 1990, los niveles más bajos de oxígeno, a nivel superficial en épocas seca, se presentaron en la zonas de la BC, comprendida entre Castillo Grande y El Laguito, y la mayor parte de la bahía interna. Estas áreas se destacan por la excesiva turbidez del agua que disminuye de manera dramática los procesos fotosintéticos, sumado a esto la excesiva presencia de materia orgánica provoca en estas zona exagerado consumo de oxígeno.

Debido a esta situación, la Alcaldía Distrital y el concejo municipal de la ciudad, declaró a Cartagena (a la Bahía) en emergencia ambiental.

Razones como esta fueron las que impulsaron a la firma de CCPL, que comenzó a tener vigencia en 1995 hasta 2005.

Este convenio se firmó el 29 de septiembre de 2005 entre el Ministerio del Medio Ambiente, CARDIQUE, Damarena y la Fundación Mamonal, representante de cuarenta y nueve (49) empresas de la ZIM.

Para la implementación CCPL realizó un estudio que permitió identificar la problemática ambiental presentada en la BC y a la vez, establecer por sectores industriales cuales eran los vertimientos químicos más contaminantes y luego clasificarlos en alto, medio, y bajos, de acuerdo a la concentración de contaminantes y al tipo de la carga residual.

Inicialmente se dividieron los sectores así:

- Sector Pesquero
- Sector Manufacturero
- Sector Petroquímico
- Sector Eléctrico

Con base en esto, comenzó a funcionar CCPL. El diagnóstico inicial por sector dio los siguientes resultados:

Resultados de cada sector y su diagramación ambiental.

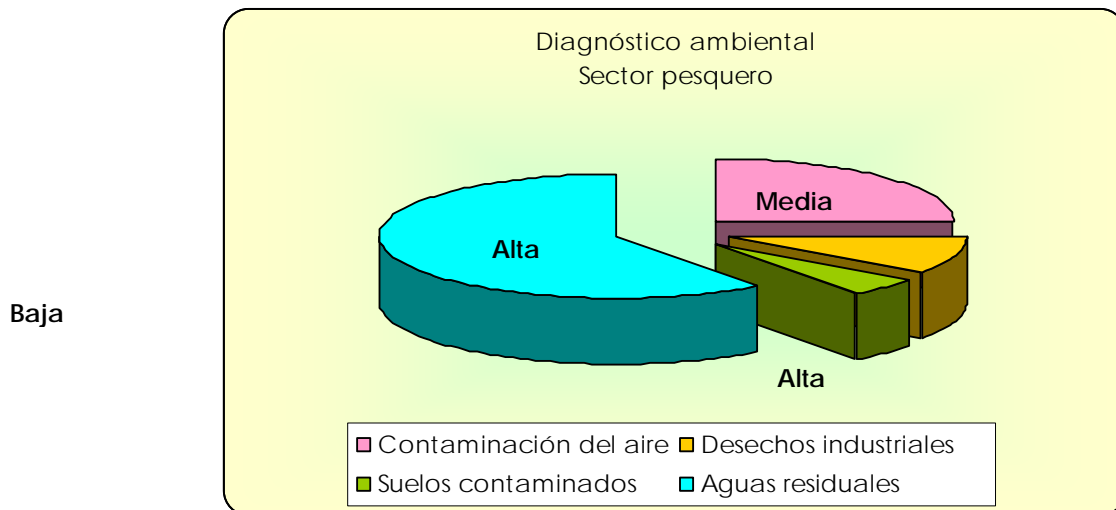


Figura 5 – Diagnóstico ambiental del sector pesquero - Fuente: CARDIQUE

Como se puede observar, el principal foco contaminante del sector pesquero es en el campo de aguas residuales, las cuales afectan directamente la situación ambiental de la BC; asimismo, la contaminación por aguas residuales del sector pesquero está catalogada como de nivel alto de perjuicio ambiental.

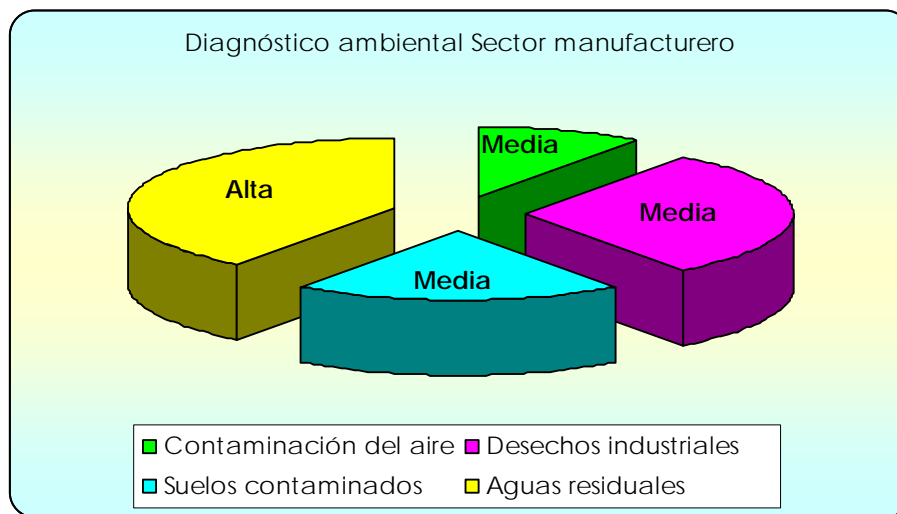


Figura 6 – Diagnóstico ambiental sector manufacturero- Fuente: CARDIQUE

Los resultados en el sector manufacturero no varían mucho las aguas residuales siguen siendo el mayor contaminante de este sector y mantienen el nivel alto o prioritario.

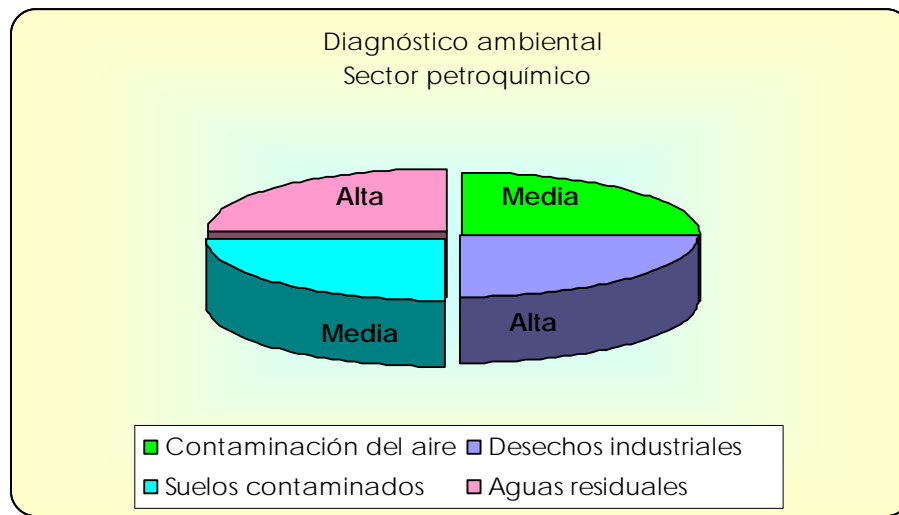


Figura 7 - Diagnóstico ambiental sector petroquímico - Fuente: CARDIQUE

En el sector petroquímico, la distribución de emisión de contaminantes al suelo, y aire son más equilibrados, sin embargo las aguas residuales son la contaminación más alta producida por dicho sector.

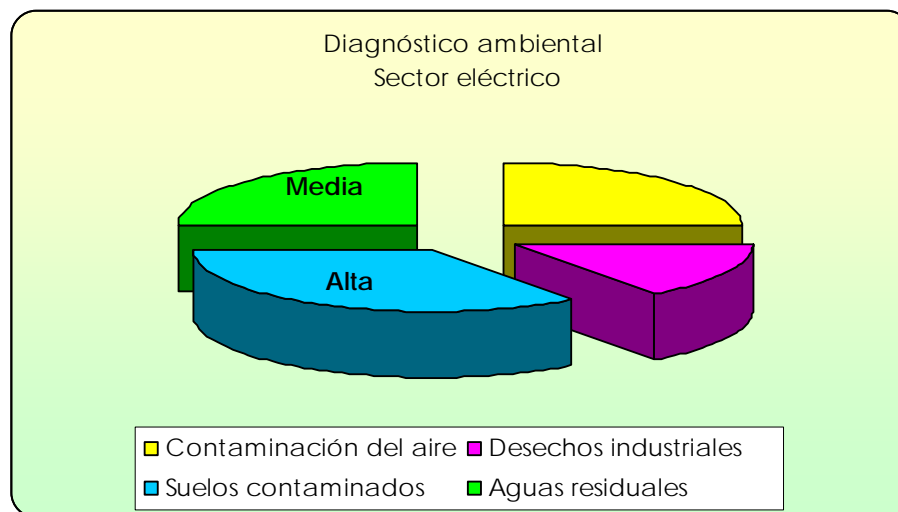


Figura 8- Diagnóstico ambiental sector eléctrico - Fuente: CARDIQUE

En el caso del sector eléctrico, las aguas residuales tienen prioridad media en la contaminación.

El análisis de éste estudio, les permitió establecer que el recurso agua era el más afectado en cuestión ambiental y como ecosistema acuático principalmente se identificó la BC.

Inicialmente el CCPL se firmó por (10) años, es decir de 1995 a 2005. Para la parte del convenio de 1995 a 2000 se establecen metas de reducción por año de carga contaminante. Para ello se establecieron los siguientes parámetros ambientales a monitorear:

- DBO⁴³
- DQO⁴⁴
- SST⁴⁵
- FENOLES
- A Y G⁴⁶
- HIDROCARBUROS TOTALES

Los parámetros a monitorear fueron previamente explicados en otro capítulo.

⁴³ Demanda bioquímica de oxígeno

⁴⁴ Demanda química de oxígeno

⁴⁵ Sólidos Suspendido Totales

⁴⁶ Aceite y Grasas

De las aproximadamente, 100 empresas que se encuentran en la ZIM, sólo 49 hicieron parte del CCPL. Después del primer diagnóstico hicieron una división por sectores de las empresas, los cuales quedaron así:

* SECTOR DE ALIMENTOS

- Subsectores:
 - Carnes, pescados y mariscos
 - Bebidas no alcohólicas
 - Otros alimentos

* SECTOR MANUFACTURERO

- Subsectores:
 - Curtiembres
 - Plásticos
 - Abonos nitrogenados
 - Plaguicidas
 - Químicos
 - Productos Minerales
 - Petróleo
 - Refinería
 - Eléctrico
 - Metalmecánica

* SECTOR ASEO

* SECTOR DE INSTALACIONES PORTUARIAS

Luego de identificar, la mayor carga contaminante de cada sector, fue necesario identificar cada uno de los parámetros. La situación base de contaminación en 1995 fue de:

DBO	9, 437,6 Kg/día
DQO	21.723.7 Kg/día
SST	8,553 Kg/día
A y G	857, 7 Kg/día
FENOLES	326.3 Kg/día
HIDROCARBUROS TOTALES	202,1 Kg/día

Tabla 8 – Situación base de contaminación en 1995– Fuente: ANDI

CCPL les propuso metas concretas de saneamiento ambiental a las industrias de la ZIM, sobretodo a las empresas que generaban niveles de contaminación con altas concentraciones y sus mediciones eran por encima de los límites establecidos en las normas ambientales, estas se comprometieron a cumplir

con la Ley. En el programa de trabajo de CCPL, las metas fijadas fueron las siguientes:

Año 1: reducción del 10%
Año 2: reducción del 50%
Año 3: reducción del 70%
Año 4: reducción del 100%

Estos porcentajes fueron medidos con base en la diferencia entre el resultado de la evaluación inicial hecha en 1995 y el límite permisible establecido por la norma ambiental correspondiente.

3.7.1 Año base - 10% de reducción 1995 -1996

Bajo esta perspectiva inició el CCPL. En la primera evaluación y diagnóstico de los procesos en 1995 y 1996, el porcentaje del cumplimiento por Subsectores fue el siguiente:

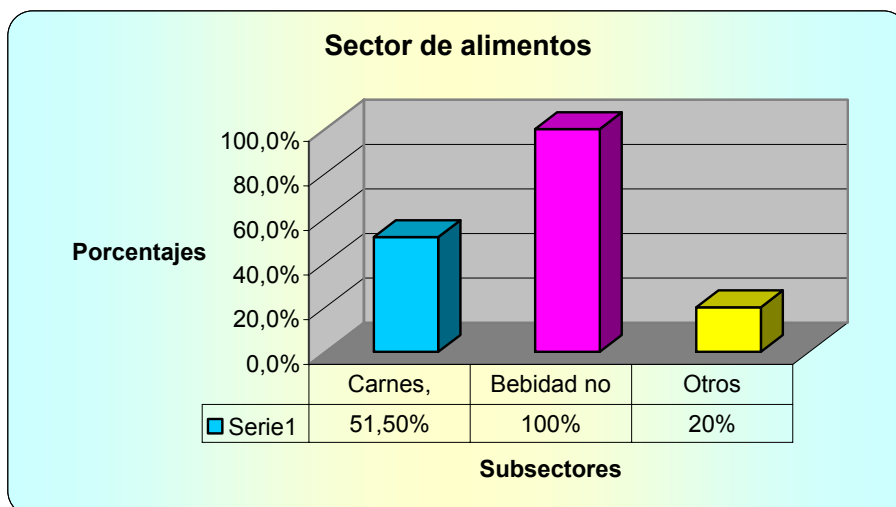


Figura 9 - Cumplimiento en el sector de alimentos - Fuente: CARDIQUE

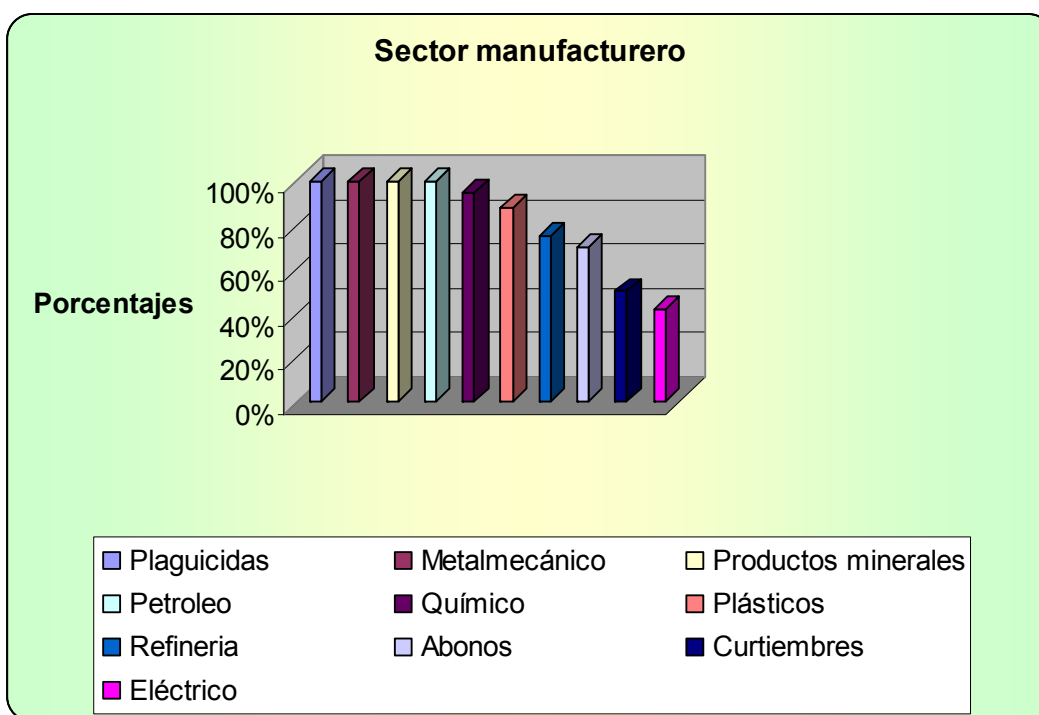


Figura 10 - Cumplimiento en el sector manufacturero - Fuente: CARDIQUE

Según las anteriores gráficas, subsectores como bebidas no alcohólicas, petróleo, productos minerales, metalmecánica y plaguicidas cumplieron con la metas del 10% de reducción en sus vertimientos industriales.

Según CARDIQUE entre 1995 y 1996, las metas en reducción de pH se cumplieron en un 100%. Los niveles acordados de DBO no se cumplieron ni los permitidos por la norma ni los acordados en el CCPL.

A partir de 1995 comenzó el convenio y con base en las cifras anteriores se hicieron las comparaciones de los aportes año por año, en cada uno de los parámetros para monitorear el cumplimiento el acuerdo.

Las siguientes gráficas, suministradas por CARDIQUE, exponen los resultados del CCPL desde 1995 hasta 2003, en cada uno de los parámetros a monitorear. Inicialmente se podrán analizar los cumplimientos año por año de la DBO.

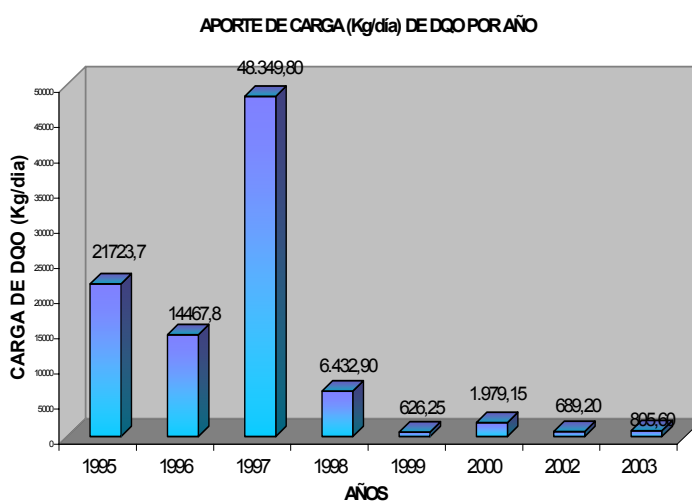


Figura 11- Aporte de carga kg/día de DBO por año – Fuente: CARDIQUE

En 1997, la carga aportada de DBO aumentó significativamente, muchísimo más que lo diagnosticado en el año base.

APORTE DE CARGAS (KG/DIA) DE HIDROCARBUROS TOTALES POR AÑO

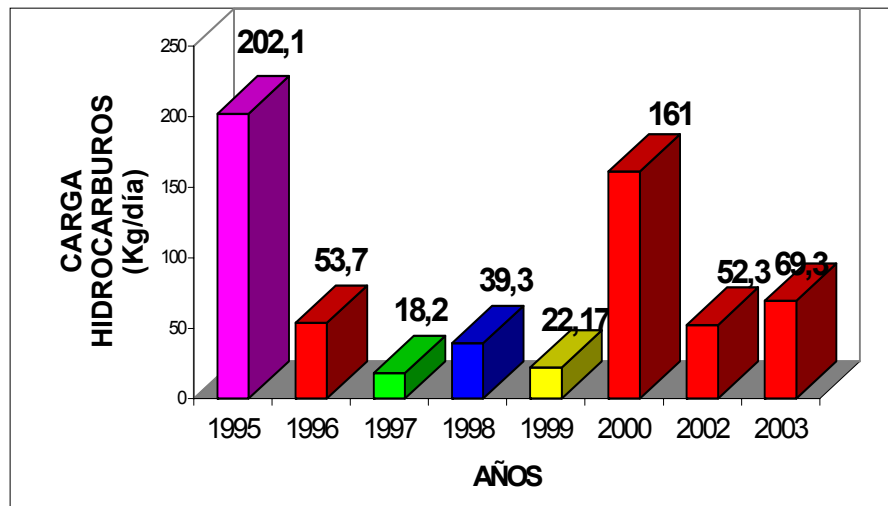


Figura 12- Aporte de carga kg/día de hidrocarburos por año – Fuente: CARDIQUE

En el año 2000, los niveles de hidrocarburos aumentaron, pero no más allá de los niveles de la situación base de 1995.

APORTE DE CARGA (Kg/día) DE SST POR AÑO

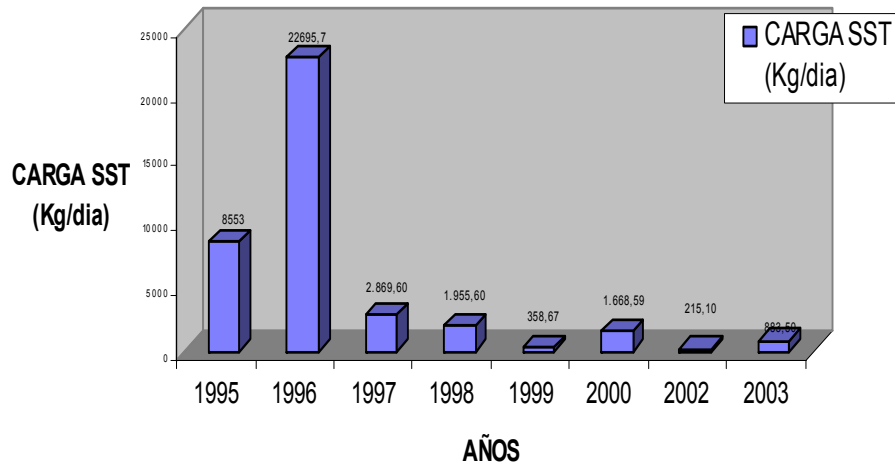


Figura 12- Aporte de carga kg/día de SST por año – Fuente: CARDIQUE

En 1996 se disparó el aporte de SST en la BC. Según CARDIQUE esta medición se debe a una inexactitud de su laboratorio.

APORTE DE CARGA (Kg/día) DE A Y G POR AÑO

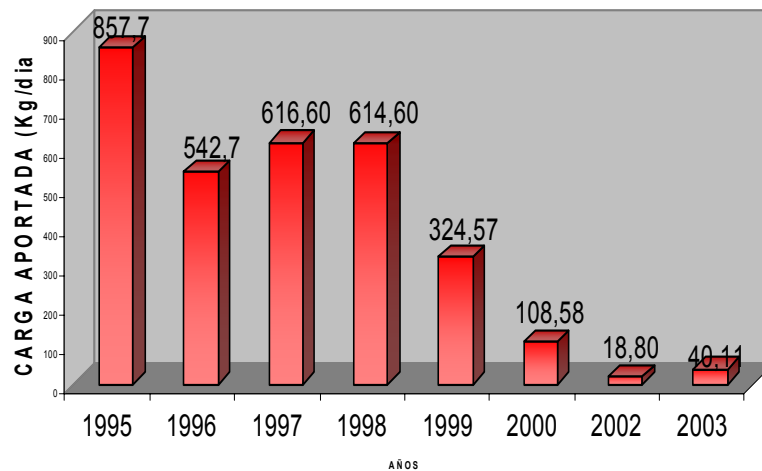


Figura 12- Aporte de carga kg/día de A y G por año – Fuente: CARDIQUE

La carga de A y G mantuvo niveles de reducción estables, llegando a las metas establecidas.

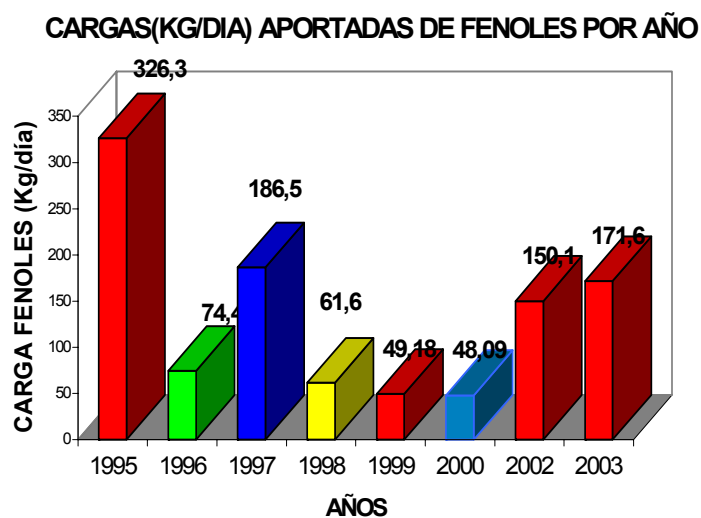


Figura 12- Aporte de carga kg/día de Fenoles por año – Fuente: CARDIQUE

A diferencia de la carga de A y G, en los últimos años del CCPL, no disminuyeron los aportes, sino que aumentaron, no sobrepasando los niveles del año base, pero elevándose por encima de todos los demás

3.8 Definición de opciones para la ZIM

Las acciones implementadas por parte de la ZIM participe del convenio e integrante de la muestra anteriormente reseñada para el cumplimiento del CCPL son:

1. Implementación de tecnologías de descontaminación

- a. Aplicación de Tecnologías más Limpias, prevención de contaminación en la fuente, tecnología al final del proceso
- b. Tecnología de tratamiento de residuos y vertimientos
- c. Reutilización y reciclaje de residuos
- d. Tratamiento de materiales o sustitución de materiales
- e. Prevención de pérdida
- f. Separación de residuos para evitar mezcla y peligrosidad
- g. Reciclaje
- h. Implementación de sistemas de mejoramiento

2. Cambios tecnológicos en los procesos

- a. Modernización de equipos y sustitución de equipos
- b. Aumento en la eficiencia energética, utilización de energético más limpio.
- c. Reducción de materias prima utilizada
- d. Cambio de materia prima
- e. Eliminación de materia peligrosa en los procesos y/o en el producto final
- f. Disminución de generación de residuos peligrosos dentro del proceso productivo.
- g. Cambios operacionales para el mejoramiento interno
- h. Mejoramiento en las prácticas del manejo de personal
- i. Entrenamiento de personal e incentivos
- j. Capacitación
- k. Mantenimiento

I. Calibración de equipo

3. Compensación de emisiones dentro de un plan de acción

- a. Servicios ambientales (asesoría y auditoría)
- b. Jornadas de concientización y divulgación

A grandes rasgos estas constituyen las opciones que las empresas de la ZIM pueden tomar para solventar la situación ambiental. Estas opciones serán desglosadas y especificadas en el análisis de impactos.

3.9 Evaluación de Costos

La valoración de los costos se realizó utilizando los precios de implementación facilitados por la ANDI⁴⁷, de las empresas pertenecientes al CCPL que integran la muestra anteriormente descrita. Estos costos constituyen los precios de mercado de la implementación de la regulación. Los precios de mercado han de ser convertidos a precio cuenta.

Los precios cuenta representan el verdadero valor de los bienes para la sociedad, que asignan los consumidores ante un cambio en la demanda y los productores ante un cambio en la oferta. Los precios cuenta valoran los resultados que tiene el proyecto sobre el bienestar nacional.

⁴⁷ Asociación Nacional de Industriales

La relación entre el precio cuenta y el precio de mercado recibe el nombre de razón precio cuenta (RPC). El RPC se utiliza para la conversión de precios de mercado a precios sombra o precios de eficiencia. El RPC es una herramienta que remueve las distorsiones del mercado como externalidades, intervenciones gubernamentales, etc.

En el caso de la evaluación de los impactos del CCPL se multiplican los RPC por los precios de mercado, utilizamos las RPC calculadas por Bello et al, (1990), llevándolos así a precios de eficiencia. Los RPC poseen la ventaja de que no son afectados por cambios inflacionales y se realiza el supuesto de que no se han observado variaciones muy grandes en los precios relativos de los insumos relacionados con los RPC utilizados.

A partir del flujo de caja financiero de los proyectos e iniciativas desarrolladas en el marco del CCPL se obtuvo el flujo de caja a precios económicos, es decir de eficiencia. El flujo de caja obtenido desde 1995 hasta 2005, tiempo en el que convenio permaneció vigente, de los agentes involucrados es el siguiente:

No.	SECTOR	COSTOS						
		1.995	1.996	1.997	1.998	1.999	2.000	2.001
1	QUIMICOS BASICOS	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 29.684.681	\$ 39.630.313
2	SERVICIOS	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 59.357.786.170	\$ 60.216.756.045
3	AGROQUIMICOS	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 383.748.784
4	QUIMICOS BASICOS	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
5	ALIMENTOS	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 39.750.000	\$ 156.364.585	\$ 126.687.449
6	CURTIEMBRE	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 54.909.012
7	PLASTICO	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
8	PETROQUIMICA	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 138.854.000	\$ 88.819.140
9	REFINERIA	\$ 4.339.527.500	\$ 17.723.430.500	\$ 17.723.430.500	\$ 24.685.616.500	\$ 24.685.616.500	\$ 28.312.618.500	\$ 18.760.859.500
10	PETROQUIMICA	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 1.442.575.040	\$ 277.735.696
11	PLASTICO	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 506.823.229	\$ 503.258.845
12	PLASTICO	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
13	PETROQUIMICA	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 22.453.922	\$ 31.041.278
14	SERVICIOS	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
15	SERVICIOS	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
16	TUBERIAS	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
17	ALIMENTOS	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 36.560.000		
18	AGROQUIMICOS	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 87.000.000		
19	ALIMENTOS	\$ 0	\$ 89.610.000	\$ 0	\$ 0	\$ 0		
	TOTAL	\$ 4.339.527.500	\$ 17.813.040.500	\$ 17.723.430.500	\$ 24.685.616.500	\$ 24.848.926.500	\$ 89.967.160.126	\$ 80.483.446.064

Tabla 9. Flujo de Caja a precios económicos de 19 empresas pertenecientes al CCPL – Calculados por el investigador

No.	SECTOR	COSTOS			
		2.002	2.003	2.004	2.005
1	QUIMICOS BASICOS	\$ 36.885.389	\$ 55.019.126	\$ 0	\$ 0
2	SERVICIOS	\$ 46.816.275.525	\$ 64.057.956.547	\$ 39.448.994.427	\$ 0
3	AGROQUIMICOS	\$ 417.480.445	\$ 172.428.813	\$ 0	\$ 0
4	QUIMICOS BASICOS	\$ 0	\$ 4.552.240.000	\$ 0	\$ 0
5	ALIMENTOS	\$ 83.388.658	\$ 95.471.747	\$ 0	\$ 0
6	CURTIEMBRE	\$ 49.565.092	\$ 83.947.563	\$ 0	\$ 0
7	PLASTICO	\$ 23.100.810	\$ 59.000.056	\$ 0	\$ 0
8	PETROQUIMICA	\$ 1.504.573.000	\$ 1.594.677.215	\$ 0	\$ 0
9	REFINERIA	\$ 17.748.051.500	\$ 6.458.669.000	\$ 6.235.377.000	\$ 6.235.377.000
10	PETROQUIMICA	\$ 1.450.825.900	\$ 714.652.246	\$ 624.366.900	\$ 0
11	PLASTICO	\$ 503.506.378	\$ 506.550.929	\$ 0	\$ 0
12	PLASTICO	\$ 0	\$ 6.690.000	\$ 0	\$ 0
13	PETROQUIMICA	\$ 19.743.118	\$ 24.112.909	\$ 0	\$ 0
14	SERVICIOS	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 816.930.000
15	SERVICIOS	\$ 0	\$ 2.500.000	\$ 0	\$ 0
16	TUBERIAS	\$ 0	\$ 0	\$ 96.091.900	\$ 0
17	ALIMENTOS				
18	AGROQUIMICOS				
19	ALIMENTOS				
	TOTAL	\$ 68.653.395.814	\$ 78.383.916.150	\$ 46.404.830.227	\$ 7.052.307.000

Continuación Tabla 9 - Flujo de caja a precios económicos de 19 empresas pertenecientes al CCPL – Calculados por el investigador

Los RPC utilizados para la obtención del flujo de caja a precios económicos fueron los siguientes:

Código CIIU	Actividad Económica	RPC
8383-3	Maquinarias y equipos industriales	0.77
9000-1	FC inversión industrial	0.87
4242-0	Agua potable	2.65
8383-2	Servicios industriales de terceros	0.77
8383-1	Accesorios y repuestos	0.77
3831-1	Fabricación de grupos electrógenos (plantas generadoras de electricidad)	0.79
3825-6	Fabricación de computadores, mini computadores, máquinas electrónicas sus accesorios y sus partes	0.86
3851-7	Fabricación de instrumentos para la regulación y control de las operaciones industriales	0.81

Tabla 10. Razones precio cuenta relevantes para el Convenio de Concertación para una Producción Limpia (CCPL). *Fuente:* Bello et al

1990

En el caso de los costos que no tienen relación con la contaminación hídrica en la BC, no fueron tomados en cuenta para el flujo de caja a precios económicos, a excepción de aquellos que representan compensación de emisiones mediante un plan de acción. Además los costos generados por impuestos; tales como tasas retributivas, trámites y certificación de emisiones de vehículos; fueron obviados del análisis ya que representan transferencias de capital, es decir un proceso de traslado de un agente a otro dentro del proyecto, sin representar un costo o beneficio neto.

3.10 Evaluación de Beneficios

3.10.1 Beneficios de implementación del CCPL

La implementación del CCPL además de producir costos por la adquisición de tecnologías más eficientes y menos contaminantes, también ocasionan beneficios, ya que gracias a estas se reduce el consumo de materias primas, energía y también se puede reutilizar los residuos industriales dentro de sus mismos procesos ó venderlos.

Los beneficios que se mostrarán en la tabla siguiente, son de algunas de las empresas que forman parte del CCPL, pues no se obtuvo toda la información necesaria con relación a un mayor número de empresas.

INFORMACIÓN GENERAL	Nombre del Proyecto				
Nombre del sector		1996	1997	1998	1999
ALIMENTOS	Construcción de cooker para el manejo y disposición de plumas viseras y sangre del proceso	148.000.000,00 €	148.000.000,00 €	148.000.000,00 €	148.000.000,00 €
	Control de consumo de agua	2.931.000,00 €	2.931.000,00 €	2.931.000,00 €	2.931.000,00 €
	Trampa para grasa y sangre	2.950.000,00 €	2.950.000,00 €	2.950.000,00 €	2.950.000,00 €
AGROQUÍMICOS	Separación de líneas de llenado				134.800.000,00 €
ALIMENTOS	Tanque recolector de grasa	8.500.000,00 €	8.500.001,00 €	8.500.002,00 €	8.500.003,00 €
	Sistema de recirculación y enfriamiento de agua de autoclaves	31.000.000,00 €	31.000.000,00 €	31.000.000,00 €	31.000.000,00 €
REFINERÍA	Sistema de tratamiento				
BENEFICIOS		193.381.000,00	193.381.001,00	193.381.002,00	328.181.003,00

Tabla 11 – Beneficios obtenidos por la ZIM debido a la implementación del CCPL - Fuente: ANDI

INFORMACIÓN GENERAL					
Nombre de la Empresa	Nombre del Proyecto	2000	2001	2002	2003
ALIMENTOS	Construcción de cooker para el manejo y disposición de plumas viseras y sangre del proceso	148.000.000,00 €	148.000.000,00 €	148.000.000,00 €	148.000.000,00 €
	Control de consumo de agua	2.931.000,00 €	2.931.000,00 €	2.931.000,00 €	2.931.000,00 €
	Trampa para grasa y sangre	2.950.000,00 €	2.950.000,00 €	2.950.000,00 €	2.950.000,00 €
AGROQUÍMICOS	Separación de líneas de llenado	134.800.000,00 €	134.800.000,00 €	134.800.000,00 €	134.800.000,00 €
ALIMENTOS	Tanque recolector de grasa	8.500.004,00 €	8.500.005,00 €	8.500.006,00 €	8.500.007,00 €
	Sistema de recirculación y enfriamiento de agua de autoclaves	31.000.000,00 €	31.000.000,00 €	31.000.000,00 €	31.000.000,00 €
REFINERÍA	Sistema de tratamiento		8.640.092.000,00 €	8.640.092.000,00 €	8.640.092.000,00 €
BENEFICIOS		328.181.004,00	8.968.273.005,00	8.968.273.006,00	8.968.273.007,00

Continuación de la Tabla 11- Beneficios obtenidos por la ZIM debido a la implementación del CCPL – Fuente: ANDI

INFORMACIÓN GENERAL			
Nombre de la Empresa	Nombre del Proyecto	2004	2005

	Construcción de cooker para el manejo y disposición de plumas viseras y sangre del proceso	148.000.000,00 €	148.000.000,00 €
	Control de consumo de agua	2.931.000,00 €	2.931.000,00 €
ALIMENTOS	Trampa para grasa y sangre	2.950.000,00 €	2.950.000,00 €
AGROQUÍMICOS	Separación de líneas de llenado	134.800.000,00 €	134.800.000,00 €
	Tanque recolector de grasa	8.500.008,00 €	8.500.009,00 €
ALIMENTOS.	Sistema de recirculación y enfriamiento de agua de autoclaves	31.000.000,00 €	31.000.000,00 €
REFINERÍA	Sistema de tratamiento	8.640.092.000,00 €	8.640.092.000,00 €
BENEFICIOS		8.968.273.008,00 €	8.968.273.009,00 €

Continuación de la Tabla 11- Beneficios obtenidos por la ZIM debido a la implementación del CCPL – Fuente: ANDI

3.11 Efectos Recreacionales

Desde una perspectiva antropocéntrica existen dos componentes que constituyen el valor económico total de un bien, estos son el valor de uso y el valor de no uso. El valor de uso es el otorgado por una sociedad o un individuo a un bien de acuerdo a la utilidad que puede obtener de este. Por otra parte el valor de no uso es

asignado por la sociedad o el individuo por la posibilidad de utilidad de un bien a pesar de no ser utilizado de manera directa.⁴⁸

Dentro de la categoría de valores de no uso podemos considerar el valor de opción, representado por la utilidad de tener la posibilidad de uso del bien a pesar de no ejercer esta actividad en el presente; el valor de existencia, que hace referencia al valor intrínseco otorgado a la existencia del bien; y por ultimo el valor de legado, a veces visto dentro del valor de opción asigna un precio a la opción que tienen las generaciones futuras de utilizar un bien.⁴⁹

En este trabajo de grado estamos interesados en el valor de uso de las actividades recreacionales. El valor de no uso representa todavía un tema controvertido, ya que resulta especialmente difícil su consecución y genera incertidumbres sobre los beneficios obtenidos. Pero el método de valoración contingente, permite tener en cuenta el valor de no uso.

En el caso de bienes transados en un mercado los precios de estos reflejarían el valor de uso del mismo. Para bienes ambientales o públicos no existe un precio ya que se carece de

⁴⁸ CERDA JIMÉNEZ, Claudia. Tesis para optar al grado de magister en gestión y planificación ambiental. *BENEFICIOS DE LA RECREACIÓN AL INTERIOR DE LA RESERVA NACIONAL LAGO PEÑUELAS*.

⁴⁹ *Ibíd.*

mercados en los que se transa el bien. Este hecho dificulta la valoración de este tipo de bienes. Debido a la dificultad de valoración de los beneficios causados por el mejoramiento de la calidad ambiental sobre la recreación, de esta manera sobre las actividades turísticas en nuestro caso, se han generado varios métodos para la obtención del valor de uso. Estos métodos pueden ser indirectos o directos. Dentro de los métodos indirectos se encuentran el método de los precios hedónicos y el método de costo de viaje.

El método de los precios hedónicos utiliza las características del bien y de su entorno para determinar su precio. El método de los precios hedónicos es comúnmente utilizado en la valoración de los impactos ambientales sobre bienes raíces.

Por otra parte el método de costo de viaje es un método indirecto que intenta obtener los beneficios, a través del excedente del consumidor, mediante un modelo que represente el número de viajes de un individuo o familia como función del costo de entrada al sitio, entendido este como el costo de acceder al sitio desde el lugar de origen, además de variables socio-económicas.

La metodología de costo de viaje plantea un reto importante debido al problema de la inclusión de la calidad ambiental en el

modelo⁵⁰. En primer lugar estos datos son de difícil obtención, además si se utilizan datos de calidades puntuales, constantes, estos no representan un cambio en el modelo y por tanto no arrojan un cambio en el excedente del consumidor. Imposibilitando la medición del impacto del mejoramiento ambiental sobre las actividades turísticas, es decir los beneficios. También se debe incurrir en supuestos restrictivos para poder contrastar la situación base con la situación proyectada. Igualmente debido a la naturaleza de recuento de la variable dependiente, número de viajes, la especificación del modelo puede hacerse compleja y presentar algunos requisitos especiales que los datos no siempre cumplen, dificultando su estimación.

Dentro de los métodos directos se destaca el método de valoración contingente. En esta metodología el objetivo es la generación de un mercado hipotético mediante una entrevista personal. En el método de valoración contingente el entrevistador juega un papel de oferente y el entrevistado juega el papel de demandante, creando así el mercado hipotético. En donde el entrevistador entonces determina ¿Cuánto la persona está dispuesta a pagar? Es decir la cantidad que la persona se

⁵⁰ CERDA, Arcadio. "Valoración Económica del Medio Valoración Económica del Medio Ambiente". II Curso: "Instrumentos de mercado y fuentes de financiamiento para el desarrollo sostenible". Centro de Formación AECI. 2003.

encuentra dispuesta a sacrificar de su presupuesto para satisfacer su necesidad.⁵¹

Dicha determinación se realiza a través de un cuestionario en donde se indican determinadas cifras a pagar por la mejora en la calidad ambiental. Es así como “los beneficios que las personas obtienen de algo son iguales a la cantidad que están dispuestas a pagar por él”.⁵² Con la utilización de este método se evalúa el beneficio que, para el turismo, representa la mejora en la calidad del agua. Los beneficios se evidencian en la manera de un aumento en la recreación debido a que se dispone de una parte de la BC menos contaminada sobre la que el turista ejercerá un uso primario, es este tipo de usos por lo que las personas están dispuestas a pagar por el mejoramiento de los atributos ambientales.

Para valorar los beneficios de una mejora de la calidad de la BC sobre el turismo en Cartagena se utilizó como herramienta para la determinación del excedente del consumidor el método de valoración contingente. Inicialmente se realizó una encuesta a 300 personas en las playas y en los hoteles.

⁵¹ CERDA, Claudia. O.p. Cit. , p. 165

⁵² *Ibíd*

Se decidió hacer la encuesta en lugares donde las personas estuvieran haciendo uso recreativo de las playas y de la BC, porque era más fácil para los turistas entender la situación planteada estando en el sitio del problema o en lugares similares. Por lo tanto, se encuestó en las playas de los siguientes hoteles:

- Las Américas
- Decameron
- Capilla del Mar
- Hilton
- Cartagena Estelar
- Caribe

Es decir, en las playas de Bocagrande, El Laguito, Castillo Grande y la Boquilla.

Se utilizó un equipo de seis encuestadores que previamente fue capacitado para realizar la encuesta. Dicha encuesta fue efectuada a manera de conversación o entrevista entre el encuestador y encuestado, donde el primero llenaba el cuestionario. Dentro de la capacitación que se les brindó a los

encuestadores se hizo mucho énfasis en el manejo de la credibilidad de la situación planteada.

Para ello fue necesario describir detalladamente el objetivo de la encuesta, luego la situación ambiental de la BC, teniendo como datos actuales los presentados en 1995 y planteándole al turista las mejoras ambientales que con su contribución se podrían lograr, esas mejoras serían los datos actuales de contaminación de la BC. Todo esto, para evitar el sesgo, preservar la naturaleza del mercado hipotético y evitar que el entrevistado tomara la situación presentada como ficticia. Una prueba de ello es que si los entrevistados no otorgaran credibilidad a la situación mostrada la disposición a pagar en los niveles altos de precios sería mayor. Debido a que no hay evidencia de esto en los datos rechazamos la hipótesis de poca credibilidad del mercado hipotético.

Al encuestador se le entregó redactados los objetivos de la encuesta, la explicación de la situación ambiental base y futura, esta redacción se hizo con un lenguaje coloquial, sin regionalismos para que pudiera ser explicada a todo tipo de turista, también se hizo un cuestionario en inglés para turistas extranjeros. Pero al encuestador se le pidió que no leyera la

redacción entregada sino que la explicara a modo de conversación⁵³.

El perfil de los encuestados corresponde al siguiente:

- Debían estar en la playa haciendo uso del servicio recreativo.
- Ser mayores de 18 años
- Ser turistas foráneos no locales

El proceso de recolección de la información duró un mes. La encuesta fue realizada en diciembre de 2005. Se entrevistaron a 300 personas, las cuales se dividieron en tres grupos. Al primero se le planteó una contribución de \$10000 pesos, al segundo grupo de \$50.000 pesos y al tercero de \$100.000 pesos. Asimismo, a cada uno de estos grupos se les pidió que a demás de la contribución inicial dieran una extra para mejorar aún más la calidad ambiental de la BC, explicándoles lo costoso que puede llegar a ser recuperar un cuerpo de agua contaminado.

Al grupo uno se le planteó una contribución extra de \$2000 pesos, al grupo dos de \$10.000 pesos y al grupo tres de \$20.000 pesos.

⁵³ Dentro del modelo de encuesta que se encuentra en anexos se encuentra la redacción explicativa.

La entrevista se realizó con un formato de pregunta de elección dicotómica simplemente ⁵⁴acotadas, *single bounded* en inglés, en el cual se pregunta al individuo i por una cantidad a_i que este tiene la opción de aceptar, indicando que su disposición a pagar $DAP \geq a_i$, o rechazar dicho valor siendo entonces $DAP < a_i$. Otros formatos de entrevista comúnmente utilizados son el formato “bibbing”, en el cual se realizaban varias ofertas a diferentes niveles de precios; y el formato de preguntas de elección dicotómica doblemente acotado, en el cual dependiendo de la respuesta obtenida para el nivel de precio a_i se ofrece un nivel superior a_{i+1} o inferior a_{i-1} de ser la respuesta afirmativa o negativa respectivamente.

Para los niveles de precio a se escogieron de manera arbitraria⁵⁵ un vector de niveles de precio de tres componentes como se muestra en la Tabla 12. De tal manera que la muestra es dividida en tres submuestras. Para determinar el tamaño de las submuestras se utiliza una estratificación aporportional o no proporcional en la cual las submuestras poseen el mismo tamaño sin importar la distribución de los datos. Por lo tanto las

⁵⁴ CERDA, Claudia. Tesis para optar al grado de magister en gestión y planificación ambiental. **BENEFICIOS DE LA RECREACIÓN AL INTERIOR DE LA RESERVA NACIONAL LAGO PEÑUELAS.**

⁵⁵ El vector fue escogido de manera arbitraria a la falta de un criterio de mercado para la determinación de costos factibles para la población objetivo.

submuestra tienen un tamaño de 100 individuos. De esta manera se distribuyeron aleatoriamente los tres niveles de pagos entre las tres submuestras como se evidencia en la Tabla 12.

a_i	\$10.000	\$50.000	\$100.000
m_i	100	100	100

Tabla 12. Vector de niveles de precio y submuestras – Elaborado por el autor

El medio de pago escogido en la entrevista de valoración contingente fue un único pago en el aeropuerto o en la terminal de transportes.

En el formato escogido, preguntas dicotómicas simplemente acotadas, como se mencionó se pregunta al individuo i sobre su disposición a pagar una determinada cantidad a por una mejora en las condiciones ambientales del sitio. La probabilidad de obtener una respuesta no o una respuesta si viene dada por⁵⁶:

$$\Pr(y_i = 0 | x_i, \beta) = F(-x_i' \beta) \quad (1)$$

$$\Pr(y_i = 1 | x_i, \beta) = 1 - F(-x_i' \beta) \quad (2)$$

⁵⁶ Manual de ayuda del software E-views. Modelos binarios.

Donde y_i es la variable binaria que representa la respuesta del individuo i , x_i es un matriz de diseño con características que determinan la probabilidad de respuesta del individuo i , β es el vector de parámetros a estimar, F es una función de distribución estadística que determina el tipo de modelo binario, F toma un argumento de tipo real y arroja un valor entre 0 y 1, es decir $0 < F(x) < 1$. Podemos observar que (2) sigue de (1) ya que el modelo es dicotómico por lo tanto solo hay dos opciones que son mutuamente excluyentes. De tal manera que:

$$\Pr(y_i = 1|x_i, \beta) + \Pr(y_i = 0|x_i, \beta) = 1.$$

En cuanto a la función F se han propuesto varias especificaciones para su distribución. En el modelo propuesto en este ejercicio teórico se utilizó un modelo **probit** donde F es una función de distribución acumulativa (fda) de la forma normal estándar.

El modelo **probit** esta especificado a través de un modelo de variable latente, y_i^* , oculta en la especificación de y_i . Dicha variable cumple los supuestos de los mínimos cuadrados ordinarios. y_i^* es una variable no observada⁵⁷.

$$y_i^* = x_i' \beta + u_i \quad (3)$$

⁵⁷ Ibid.

La variable dependiente en (3) se relaciona con la variable dependiente observada y_i como sigue⁵⁸:

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{si } y_i^* > 0 \\ 0 & \text{si } y_i^* \leq 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$\Pr(y_i = 1 | x_i, \beta) = \Pr(y_i^* > 0) = \Pr(x_i' \beta + u_i > 0) = F_u(-x_i' \beta) \quad (5)$$

En (5) F_u es la fda de u la disturbancia aleatoria o termino de error. En modelo **probit** se sume que este término de error tiene una distribución normal estándar que facilita la especificación del modelo. La estimación de este modelo es realizado por medio de máxima verosimilitud debido a la naturaleza no lineal del modelo. Para obtener la función de máxima verosimilitud es necesario derivar la función de densidad de y_i dado x_i .

$$f(y_i | x_i, \beta) = [1 - F(-x_i' \beta)]^{y_i} [F(-x_i' \beta)]^{1-y_i} \quad (6)$$

En nuestra estimación utilizamos la función de log-verosimilitud para la estimación de los parámetros. Esta función se obtiene sacando logaritmo a (6). Para una muestra de tamaño n ⁵⁹.

$$\ell(\beta) = \sum_{i=1}^n y_i \log[1 - \phi(-x_i' \beta)] + (1 - y_i) \log[\phi(-x_i' \beta)] \quad (7)$$

Donde Φ es la fda de la distribución normal estándar.

⁵⁸ Ibid.

⁵⁹ Ibid.

La disposición a pagar puede ser estimada por una función indirecta de utilidad la cual es: $u(q, t, e)$ en donde q es la calidad de de la bahía, t es las características socio-económicas de individuo y e es el termino de error. Si hay una mejora en la calidad de la Bahía y esto hace que aumente la utilidad a pesar del costo a el individuo responderá de manera afirmativa. La probabilidad de que el individuo responda que es la siguiente⁶⁰:

$$\Pr(y_1 = 1) = \Pr\{u(p, q_1, t - a, e) \geq u(p, q_0, t, e)\} \quad (8)$$

En la función de utilidad indirecta separamos el error de la parte determinística así:

$$u(p, q, t) = k(p, q, t) + \varepsilon \quad (9)$$

Reemplazando (9) en (8)

$$\Pr(y_i = 1) = \Pr(k(p, q_1, t - a) + \varepsilon_1 \geq k(p, q_0, t) + \varepsilon_0) \quad (10)$$

Ahora si tomamos la parte determinística de la utilidad como una función lineal de los parámetros $k(p, q_j, t) = \gamma_{0j} + \gamma_{1j}t$ y si tomamos

⁶⁰ IBÁÑEZ, Ana Maria. *Curso de valoración económico de los impacto ambientales de la contaminación*. 2004

las diferencias de los parámetros como

$\gamma_k = \gamma_{k1} - \gamma_{k0}$ para $k = 0,1$. Entonces para nuestro modelo:

$$\Pr(y = 1) = \Pr(\gamma_0 - \gamma_1 t > \varepsilon) \quad (11)$$

Donde $\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_0$.

Como ya se mencionó los impactos de la mejora en la calidad ambiental en la BC generados por el CCPL serán estimados por medio de un modelo **probit** a través del paquete computacional EViews 4.0. Las variables utilizadas en el modelo se pueden observar en la Tabla 13.

Variable	Descripción
SER_i	Es la variable dependiente que toma valores de 0 ó 1 para las respuesta de No o Si, respectivamente, del individuo i.
DAP_i	Es el vector que contiene los niveles de precios ofrecidos al individuo i en la encuesta realizada.
Sol y Playa_i	Es una variable dummy que asume el valor de 1 si el principal motivo del viaje del individuo i era disfrutar de actividades relacionadas con el sol y la playa.

Tabla 13. Variables del modelo log-probit – Elaborado por el investigador

La hipótesis planteada es:

$$SER = f(DAP, Sol \text{ y } Playa) \quad (12)$$

El modelo econométrico resultante de la escogencia de una especificación **probit** es:

$$\Pr(SER) = \Pr(\alpha_0 - \beta \log(DAP) + \alpha_1 Sol \text{ y } Playa + u > 0) \quad (13)$$

El modelo planteado en (13) resulta similar al modelo que derivamos en (11) donde la variable **t** es reemplazada por las variables DAP y Sol y Playa y el término ε es sustituido por **u**.

El signo esperado para la variable DAP es negativo porque se espera que a medida que aumente el nivel de precio será mayor la probabilidad de que este nivel exceda la disposición a pagar del individuo y por lo tanto disminuya la probabilidad de que este de una respuesta afirmativa. El signo esperado de la variable Sol y Playa debe ser positivo, ya que se espera que si la persona disfruta de las actividades relacionadas con la mar la probabilidad de que este individuo de una respuesta afirmativa será mayor.

Variable	Coefficiente	Error Estándar	Estadístico z	P-value
Constante	6.2865817	0.97119	6.473051	0.0000
Log(DAP)	-0.6313847	0.08658	-7.292356	0.0000
Sol y Playa	0.5458591	0.27232	2.004440	0.0450

Tabla 14. Estimación de la regresión – Elaborado por el autor, utilizando

E-Views 4.

Todos los signos son los esperados. Y todos los coeficientes estimados son significativos con un nivel de confianza de 95% interpretando los p-value.

La disposición a pagar para un modelo log-probit es⁶¹:

$$Median(WTP) = \exp\left(\frac{\alpha_0 + \alpha_1}{\beta}\right) \quad (14)$$

La disposición a pagar mediana del modelo probit fue de \$50.079,14/persona/año. Se asume que esta disposición a pagar por la mejora en el ambiente permanece constante por todo el periodo del estudio. Para hallar el beneficio se utilizarán los datos del total de turistas nacionales y extranjeros que llegan a Cartagena anualmente⁶². El número de turistas se multiplica por la

⁶¹ IBÁÑEZ, Ana Maria. Curso de valoración económica de los impactos ambientales de la contaminación 2004

⁶² Aguilera Díaz, María. et al. Informe de Coyuntura Económica Regional, ICER.

mediana de la disposición a pagar y el resultado representa el beneficio. Los resultados para los años de vigencia del CCPL se resumen en la Tabla 15.

Año	Nº Turistas	Beneficio
1995	728.987	\$ 36.507.039.710,05
1996	621.379	\$ 31.118.123.955,56
1997	587.850	\$ 29.439.020.577,26
1998	515.673	\$ 25.824.458.719,30
1999	546.433	\$ 27.364.892.967,75
2000	449.608	\$ 22.515.980.545,55
2001	492.861	\$ 24.682.053.450,25
2002	495.775	\$ 24.827.984.054,93
2003	491.428	\$ 24.610.290.047,19
2004	313.392	\$ 15.694.400.845,03
2005	337.485	\$ 16.900.957.488,33

Tabla 15. Beneficios estimados del turismo. Calculado por el autor.

3.12 Análisis de viabilidad del proyecto CCPL.

El análisis costo beneficio fue realizado a través del criterio Kaldor-Hicks, que en resumen, establece que si la sumatoria de los beneficios de los ganadores, en este caso los turistas, es mayor que la sumatoria de los costos de implementación del

CCPL, por parte de las empresas de Mamonal⁶³, el proyecto se consideraría económicamente viable.

$$\sum \text{Beneficios del Turismo} > \sum \text{Costos de la ZIM}$$

A raíz de esto, se plantea una mejora potencial de la utilidad para toda la sociedad, como se esbozó en el anteproyecto de grado; es decir, si los ganadores, en este caso el turismo, pueden compensar potencialmente a los perdedores (empresas), y estos, a su vez, pueden alcanzar, como mínimo, su estado inicial de utilidad por esta compensación, existiría una ganancia potencial para la sociedad (CASTRO - MOKATE, 2005). Sin embargo, hay que tener en cuenta que la implementación de esta tecnología más eficiente, por lo tanto más limpia, le trae beneficios económicos a las empresas de la ZIM pertenecientes al CCPL.

Por lo tanto, no sería como se expresó en el anteproyecto, que los perdedores serían las empresas. Pues al internalizar los costos externos esto les trae beneficios económicos como: ahorro en el consumo de materias primas, electricidad, utilización de subproductos de su proceso productivos, entre otros beneficios. Razón por la cual, se replanteó la visión de perdedores y

⁶³ Pertenecientes ha dicho convenio.

ganadores que tenía este trabajo de grado a su comienzo. Por tal fin, se incluyeron algunos beneficios de la puesta en marcha del CCPL para la ZIM, advirtiendo que por las limitaciones de información y por lo difícil de la obtención, sólo se mencionaron algunos valores de los beneficios.

Analizando el valor presente neto (VPN) del beneficio del turismo y los costos de la implementación del CCPL, vemos que da un valor de: -133.953.848.894,51.

Para traer este valor a VPN se utilizó una tasa de descuento social de 10%⁶⁴, como se evidencia este valor es negativo y por tanto el CCPL no sería económicamente viable para la sociedad; debido a que desde la perspectiva de este trabajo de grado sólo interesarían los beneficios del turismo, pero esto estaría subestimando los verdaderos beneficios para la sociedad como un conjunto, que tiene el derecho a un ambiente sano, consagrado en la Constitución Nacional.

Sería un buen ejercicio académico, poder considerar todos los beneficios que el CCPL le brindaría a la ZIM y a la sociedad en

⁶⁴ Fuente: Banco Mundial

general. Pero, en este trabajo de grado, debido a los objetivos planteados, sólo competen los beneficios del sector turístico.

Teniendo en cuenta las consideraciones arriba reseñadas, el CCPL debería ser económica y socialmente viable.

4. Generación y evaluación económico – social del autor.

4.1 Definición del problema y de los alcances de la evaluación

4.1.1 Definir la regulación y los instrumentos que se implementaran

La herramienta de regulación definida para este ejercicio teórico es un plan de descontaminación para la ZIM. El instrumento mediante el cual se implementará la regulación es un cronograma de reducción de descargas hacia la BC, de contaminantes representados por los indicadores sólidos suspendidos totales (SST) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

El cronograma de la propuesta se fundamenta en lograr que las empresas productoras de DBO y SST, ingresen al proyecto paulatinamente:

- El primer año una reducción de las descargas en un 22%
- El tercer año una reducción de las descargas en un 34%
- El quinto año una reducción del 66%

- El séptimo año una reducción del 89%
- El décimo año una reducción del 100%

4.1.2 Delimitar la regulación, los instrumentos y el ámbito territorial en donde serán activas.

Se considera un límite temporal de 10 años, siendo este un periodo de tiempo necesario y suficiente para la apropiada implementación y para lograr la disminución deseada del impacto ambiental. Se fija como fecha inicial tentativa de esta propuesta el año 2007. La regulación afecta a las empresas localizadas en la ZIM que arrojan desechos a la BC en la forma de DBO o SST.

4.1.3 Identificar los principales agentes involucrados.

Tomando en cuenta que la propuesta realizada en este trabajo tiene como objetivo disminuir la carga de contaminantes orgánicos arrojados a la Bahía de Cartagena (BC). Este ecosistema marino sería el directamente afectado porque la calidad de sus aguas se regeneraría beneficiando a la biota existente en él.

También son agentes directamente afectados por la implementación de esta propuesta las empresas ubicadas en la

ZIM, cuyos procesos productivos generen contaminantes que impacten negativamente en la BC. Estas empresas se dividen por sectores, los cuales son:

- Sector de alimentos
 - Carnes, pescados y mariscos
 - Bebidas no alcohólicas
 - Otros alimentos
- Sector Manufacturero
 - Curtimbres
 - Eléctrico
 - Químicos Básicos
 - Polímeros
 - Agroquímicos
 - Refinería
 - Petróleo
 - Petroquímico
 - Metalmecánica
- Sector de Aseo
- Sector Portuario

A su vez, el sector público sería otro de los agentes directamente involucrados, debido al rol de reguladores inherente a ellos

otorgado por el Estado y por contar con el recurso humano y equipos técnicos necesarios para las mediciones de indicadores ambientales requeridos para la supervisión del cumplimiento de las metas. A este sector público pertenecerían entidades como: CARDIQUE o EPA⁶⁵, SINA, la Fundación Mamonal y el Ministerio del Medio Ambiente.

Ahora bien, las personas que habitan en poblaciones cercanas a Mamonal constituyen un agente indirecto, más específicamente la comuna 11 con 18 barrios, el municipio de Pasacaballos, la comuna 10, las islas de Barú y Tierra Bomba.

Como otros agentes indirectos se encuentran todas las personas sean locales o turistas que hacen uso de la BC. Las actividades realizadas por esta población serían:

- Turismo de contacto primario
 - Baños en la playa
 - Actividades recreativas
 - Deportes náuticos como buceo, natación y snorkel
- Turismo de contacto secundario
 - Deportes náuticos como competencias de veleros, motos acuáticas, entre otros.

⁶⁵ De acuerdo al establecimiento de competencias otorgado por el Ministerio

- Navegación en general
- Actividades portuarias
- Pesca artesanal
- Pesca comercial
- Uso estético

4.1. 4 Definir las respuestas esperadas de los agentes afectados como consecuencia de la regulación.

A las empresas de Mamonal, que se acojan a la propuesta, les correspondería adquirir un sistema de Digestión Anaerobia de Desechos Orgánicos (DADO) e incurrir en las adecuaciones locativas necesarias para su implementación. También permitir la supervisión, por parte de las entidades públicas, del cumplimiento de las metas ambientales trazadas en el marco de la propuesta.

La respuesta esperada del sector público sería el compromiso de llevar un seguimiento de la situación ambiental de la BC, relacionada con los indicadores DBO y SST. Para vigilar el cumplimiento de los objetivos de la propuesta; asimismo, brindar ayuda técnica y suministro de recurso humano especializado cuando las empresas lo necesiten para solucionar problemas referentes al sistema DADO.

En la identificación de los agentes directamente involucrados no se incluyó el sector turístico, debido a que, puntualmente, no es perjudicado por la contaminación producida por la ZIM. Sin embargo, es necesario establecer la respuesta de este sector frente a la propuesta, porque el mejoramiento de la calidad de la BC repercute positivamente en las actividades turísticas más relevantes para esta investigación.

Por lo tanto, se espera como respuesta de este sector un aumento en la utilización con fines recreativos de la BC, también un incremento en la reputación de Cartagena como destino sol y playa frente a otras ciudades con características similares, que se consideren competencia a nivel nacional e internacional.

4.1.5 Identificación preliminar de impactos económicos, metodologías y requerimientos de información.

Con la implementación del Sistema DADO se espera como impacto ambiental positivo una reducción significativa de descargas de SST y desechos que demanden el OD de la BC. Los SST son causantes de aspectos desagradables en el agua como: turbiedad, sabores desagradables y sensación de suciedad; las sustancias demandantes de OD ocasionan mal

sabor en la carne de los peces y otras características similares a las presentadas por los SST. Al lograr una reducción de estos indicadores se está preservando el recurso para el uso de generaciones futuras. Se evita una mayor destrucción de la biodiversidad del ecosistema. Se conserva el valor intrínseco del bien. Se deja abierta la oportunidad para que personas que no utilizan el bien hagan diferentes usos del recurso hídrico.

Ahora bien, para las empresas de la ZIM el primer impacto económico sería negativo porque tendrían que internalizar los costos externos a través de la inversión en el Sistema DADO y su implementación. Al mismo tiempo esto representaría un impacto económico positivo debido a la liberación de recursos, ya que el sistema genera energía y calor utilizable en distintos procesos de la empresa. Estas iniciativas facilitan, además, la obtención de certificación ambiental y de calidad con una consecuente apertura de nuevos mercados.

Dentro del sector turístico representa un beneficio la mejora en la calidad del agua la cual permite un aumento en los usos recreativos de esta. Este hecho provocaría una mayor demanda

de la ciudad por parte de los turistas para utilizar la BC en diferentes actividades vacacionales que en la actualidad no se realizan porque no son posibles debido a la contaminación del recurso hídrico, por ejemplo la practica de snorkel y buceo.

Otro impacto económico positivo sería la disminución de la morbilidad causada por patógenos y sustancias orgánicas, que causan enfermedades del tracto intestinal, dermatológicas, entre otras.

Por otra parte, un aumento en la demanda del turismo generaría un impacto económico positivo adicional porque crearía empleos directos e indirectos a la población local.

La metodología que se utilizará para hallar los costos, será calcular los costos financieros de la implementación del Sistema DADO y convertirlos a precio sombra, multiplicándolos por la RPC. Eliminando las fallas del mercado que tengan los precios normales, para así valorar los impactos económicos.

Es necesario hacer un flujo de caja para comparar los costos con los beneficios para hacer una valoración económica. Los beneficios se van a hallar a través del método de valoración contingente, que consiste en trazar un mercado ficticio para poder hallar los beneficios económicos de una mejora de la calidad de agua para la recreación y turismo. Todo esto se hizo a través de encuestas para poder estimar la disposición a pagar y encontrar los beneficios; para luego compararlo con los costos y saber si es económicamente viable.

Los costos del Sistema DADOS se obtuvieron a través de fuentes secundarias, como el Internet. Los beneficios se hallaron a través de fuentes primarias como la encuesta realizada a los turistas en el lugar de recreación.

No se tienen los costos de vigilancia y control que las entidades públicas gastan para verificar los niveles de estos indicadores.

En este ejercicio teórico se utilizarán los costos financieros de la implementación del Convenio de Concertación para una

Producción Limpia (CCPL), convirtiéndolos en precios cuenta, mediante la multiplicación de dichos precios por su correspondiente Razón Precio Cuenta (RPC) para efectuar la valoración económica y social de las inversiones y gastos. Se establecerá de esta manera un flujo de caja para los costos sociales de la ejecución del CCPL.

En cuanto a los beneficios generados por la inversión de la ZIM en el mejoramiento de sus procesos productivos se valoraran de la misma manera que los costos. Sin embargo, se tendrán en cuenta las restricciones impuestas por la poca disponibilidad de la información a este respecto.

4.1.6 Delimitar el análisis: acotar los agentes y las áreas geográficas que serán consideradas

El área geográfica donde se va a implementar el Sistema DADO es la ZIM que queda ubicada en la ciudad de Cartagena, departamento de Bolívar. Particularmente de la ZIM el análisis se restringirá a las empresas pertenecientes a CCPL debido al vacío de información presente en las empresas por fuera de este convenio. Dentro de la muestra de las empresa pertenecientes al

CCPL se esta interesado sólo en aquellas que producen descargas de materia orgánica y SST.

En el caso de los impactos generados sobre la población que utiliza la Bahía para aspectos distintos de la recreación, se opta por excluirlos debido a restricciones temporales en la consecución de datos para este ejercicio teórico y por mantener la simplicidad de la información necesaria para llevar acabo el presente estudio, limitándose solo a la valoración de los impactos indispensables para el cumplimiento de los objetivos de este trabajo de grado.

No se utilizó el método de costo de viaje porque era difícil incluir la calidad ambiental de la BC en el modelo, por ser datos puntuales que no tenían efectos en el excedente de las personas, debido a que los parámetros ambientales son medidos anualmente por CARDIQUE y no existe información que podría utilizarse para hacer el método de costo de viaje individual.

Es difícil también para el objetivo de este estudio, que el modelo diera información sobre cuánto sería le excedente de consumidor

en el futuro y el modelo presenta ciertas condiciones estadísticas necesarias para poderlo estimar, por estos motivos se decidió escoger el modelo de valoración contingente.

Otro de los motivos por los cuales se seleccionó el método de valoración contingente es por su flexibilidad, que permite poder hallar los excedentes del consumidor hacia el futuro y expresarlos en valor monetario, gracias a que se puede suponer un mercado hipotético donde las personas pueden decir su disposición a pagar con una mejora en la calidad futura de la Bahía, esto se hace a través de una entrevista. Por esto se escogió dicho método.

4.1.7 Supuestos importantes que se utilizarán

4.1.7.1 Supuestos internos de la propuesta:

Es necesario para realizar la situación base, sin aún haber elaborado el proyecto de la propuestas, suponer que los niveles de contaminación con los que se cuentan, que fueron suministrados por CARDIQUE y que corresponden al año 2003, se mantendrán en la misma tendencia los 10 años que durará la propuesta del Sistema DADO. No se cuentan con datos ambientales más recientes, es decir del año 2004 o 2005, debido

a que CARDIQUE todavía no los posee, ya que se demoran más de un año en toma de muestras, procesamiento de la información y publicación de esta.

A su vez, es necesario suponer que dentro de las empresas, de la muestra analizada en esta propuesta, no se van a realizar inversiones en equipos ni innovaciones tecnológicas que reduzcan la carga contaminante producida por estas industrias y que es descargada a la BC.

Con la implementación del Sistema DADO se produciría una mejora en la calidad del agua de la BC, lo que podría aumentar la demanda turística y el uso recreativo de la Bahía, debido a que este recurso marino es uno de los atractivos turísticos de la ciudad y distintivo de esta ante el mundo. Y si aumenta la demanda turística, se elevaría el número de visitantes vacacionales que vendrían a Cartagena.

También fue necesario para encontrar los beneficios de la propuesta de implementación del Sistema DADO obtener el promedio del número de turistas que ingresó a la ciudad, en los últimos 10 años y se asumió que en los próximos años va a

oscilar alrededor de la media aritmética que es de 507.352 *ceteris paribus*.

4.1.7.2 Supuestos externos a la propuesta:

En cuanto al comportamiento económico del sector industrial de Mamonal se supondrá que no variará el número de empresas pertenecientes al proyecto, durante los 10 años de duración de la propuesta. Esto quiere decir que no habrá entradas de nuevas empresas y salidas de la ya existentes en el sector.

4.2 Definición de situación base actual.

El periodo de análisis que se tomó como situación base es el año 2003. Debido a que este es el último año del que se tienen datos de los parámetros ambientales vigilados en la BC. CARDIQUE es la entidad pública que se encarga de medir y supervisar la calidad del cuerpo de agua, asimismo es la facultada de suministrar la información obtenida en sus monitoreos ambientales. Aún CARDIQUE no tiene la información de 2004 y 2005, porque se encuentran realizando el proceso de análisis de los parámetros.

Los indicadores más importantes que se miden en la BC, para determinar su calidad son: DBO, DQO, SST, A y G, fenoles e hidrocarburos totales. Para el objeto de esta propuesta sólo se tomarán en cuenta los parámetros de DBO y SST, debido a que son los que presentan contaminantes orgánicos necesarios para el Sistema DADO.

Los contaminantes orgánicos, como se explicó en capítulos anteriores, son aquellos que demandan mayor cantidad de oxígeno para su degradación y por lo tanto lo consumen rápidamente del cuerpo de agua. El oxígeno es el elemento que le da vida al ecosistema acuático y se deben mantener niveles óptimos de este para que el recurso natural se mantenga vivo. Por lo anterior se decidió tomar como indicadores de la calidad del agua la DBO y SST.

Para el 2003, el aporte de SST arrojado en la Bahía, por las 49 empresas pertenecientes a la Fundación Mamonal fue de 883,50 Kg/día. En cuanto a DBO la carga aportada fue de 1445,1 Kg/día.

Un cuerpo de agua con características estuarinas como la BC debe presentar niveles de OD que oscilen entre 1.5 mg/l a 8.0 mg/l, para que se considere en condiciones aptas para contacto

primario. El exceso de residuos orgánicos ha llevado a la Bahía a presentar situaciones de anoxia a profundidades de 10 metros, lo cual significa una muerte paulatina del ecosistema acuático. La continua descarga de estos contaminantes orgánicos, no sólo por la ZIM, sino también por el alcantarillado está llevando a la BC a un punto de no retorno, en el que la situación ambiental de la Bahía sería insolucionable.

La anterior situación planteada, ocasionaría graves problemas a los usos que se hacen de la BC, porque se convertiría en un cuerpo de agua que pondría en riesgo la salud de los usuarios. Otras consecuencias serían que el agua tendría mal olor y se tornaría aún más turbia de lo que ya es y se acabaría con toda la fauna y flora todavía existente en el recurso acuático, perjudicando esto a la población local y al sector turístico, porque el uso de la BC se restringiría a sólo el de navegación.

4.2.1 Definición de situación base proyectada

Asumiendo que la carga aportada de DBO y SST por parte de la ZIM mantenga la misma tendencia del 2003 durante los 10 años de la propuesta, el sector turístico se vería notablemente afectado,

porque la calidad del agua de la BC estaría en condiciones no óptimas para uso primario.

La Bahía es un recurso natural que tiene un valor intrínseco dentro de la ciudad, porque Cartagena es reconocida por este ecosistema marino, debido a la importancia que tuvo dentro de la historia de la Heroica y porque las zonas turísticas más reconocidas quedan a orillas de este cuerpo de agua.

Al contaminarse más la BC, la demanda turística por sol y playa descendería y Cartagena ya no sería competente frente a otros destinos turísticos.

Como ya se menciona, el continuo aporte de DBO y SST puede agotar el recurso y acabar con la biota del ecosistema, matando el cuerpo de agua, sin que después de esto exista posibilidad de regeneración del recurso.

Es importante destacar, que el costo marginal de devolver el agua a una mejor calidad, luego de una continuada acción de contaminación por parte de los agentes afectados por la propuesta, resultaría mayor que el ingreso marginal obtenido por dicha mejora en la calidad. Así, a pesar de no haber alcanzado el punto de no retorno o base natural del ecosistema, los esfuerzos realizados para mejorar la calidad ambiental no representarían un beneficio real para la población.

4.3 Definición de opciones para las fuentes

El instrumento escogido para la realización de la propuesta fue un cronograma de descontaminación. Para el cumplimiento de las metas planteadas dentro del plan reseñado se requiere implementar tecnologías de descontaminación. La opción específica brindada para esto es un Sistema de Digestión Anaerobia de Desechos Orgánicos (DADO).

El proceso del Sistema es el siguiente:

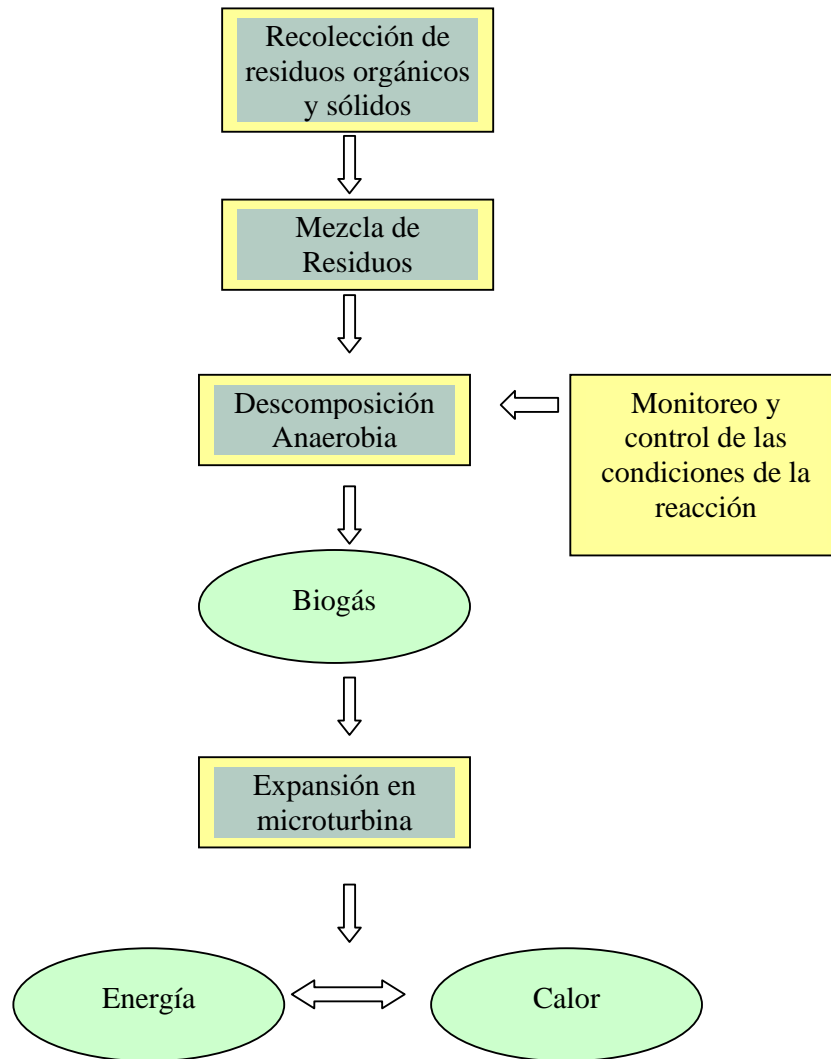


Figura 16. Esquema de proceso del Sistema DADO- Elaborado por el investigador

El proceso de un sistema DADO inicia con la recolección de los residuos orgánicos y sólidos que se utilizarán para la alimentación del digestor. Los residuos deben mezclarse hasta formar una pasta homogénea con el fin de facilitar la digestión. Luego las bacterias metanogénicas comienzan el proceso de digestión que debe darse en condiciones controladas de temperatura y pH y en una atmósfera anaeróbica, es decir en ausencia de oxígeno. El proceso de digestión tarda 24 días. Este tiempo de permanencia puede ser reducido mediante el precalentamiento de los residuos que ingresan a la cámara del digestor hasta un mínimo de 15 días.

El biogás producido resulta en, aproximadamente, 868 m³ de una mezcla de 70% metano y 30% de dióxido de carbono para una carga completa del digestor, que representa algo menos de 39 m³ de desechos orgánicos; equivalentes a un estimado de casi 87 toneladas tanto de contaminantes orgánicos como sólidos. Este subproducto del reactor de digestión es transportado por medio de un compresor que determina el flujo de gas y la presión de salida de este.

El biogás es suministrado a una microturbina en donde se realizará un proceso de expansión en el que la energía cinética, del movimiento, del gas es transferida a un eje, en la forma de rotación, acoplado a un generador eléctrico. En un régimen de carga completa y condiciones estándar, a saber 15°C de temperatura ambiente a nivel del mar, la microturbina genera 30kW consumiendo 0.31 kg/s (kilogramos por segundo) de biogás.

Un segundo subproducto del proceso de expansión en la turbina es el calor. Los gases del equipo son expulsados a una temperatura de 275°C que pueden ser aprovechados para precalentar la carga que ingresará al digestor, en procesos de vapor de la empresa, en equipos de refrigeración industrial o en cualquier proceso productivo de la empresa.

Las metas de reducción se determinaron con base en la entrada paulatina de las empresas, suponiendo que todas no podían implementar el sistema DADO el mismo año, debido a restricciones presupuestales, limitaciones logísticas y políticas internas de la empresa.

- El primer año una reducción de las descargas en un 22%
- El tercer año una reducción de las descargas en un 34%
- El quinto año una reducción del 66%
- El séptimo año una reducción del 89%
- El décimo año una reducción del 100%

4.3. 1 Definición de escenarios

Debido a que para la presente propuesta sólo se definió un instrumento, no se les brinda a los agentes ninguna otra opción para acogerse al plan de descontaminación planteado.

De esta manera los agentes tienen dos posibilidades. La primera es acogerse al cronograma de reducción de aporte de cargas de DBO y SST; la segunda es no cambiar la situación base y continuar con la tendencia de contaminación proyectada, es decir, no acogerse a la propuesta. Y la tercera opción la constituye la escogencia tardía de la implementación del plan. De acuerdo a esto los escenarios quedarían planteados de la siguiente manera:

Escenario 1:

Cumplimiento satisfactorio del cronograma de reducción de carga contaminante. Este cronograma de reducción depende de la implementación del Sistema DADO, la cual se plantea como paulatina en cada uno de los sectores. La situación es la siguiente:

- Año 1: entrarían dos empresas del Sector de Carnes, Pescados y Mariscos (CPM); y dos empresas pertenecientes al Sector Otros.
- Año 3: implementarían a la propuesta la Maltería, una empresa del Sector de CPM y 15 industrias del Sector Otros.
- Año 5: ingresaría la Refinería
- Año 7: implementarían la propuesta dos empresas de CPM y 12 del Sector Otros.
- Año 10: entraría la última empresa del Sector CPM y las 11 empresas restantes del Sector Otros.

Planteado el escenario de esta manera las reducciones serían las estipuladas en la etapa anterior.

Escenario 2:

Si las empresas decidieran no acogerse a la propuesta, se supondría que se mantendría la tendencia de cargas contaminantes, lo cual ocasionaría un daño ambiental paulatino que desembocaría en el deterioro irremediable de la BC. Esto ya se ha explicado con mayor profundidad en puntos anteriores.

Escenario 3:

Si las empresas no pudieran implementar el Sistema DADO en el tiempo requerido, las reducciones de las cargas contaminantes variarían cada año, retrasándose el cumplimiento de la meta establecida. Este escenario podría plantearse así: que en el primer año no entraran 2 empresas del Sector de CPM sino una, que la Refinería no entrara en el año 5 sino en el año 7 y así sucesivamente, retrasando los objetivos de reducción y a la propuesta en general.

4.4 Identificación de los impactos ambientales

La implementación del Sistema DADO, busca reducir en 10 años la carga aportada de DBO y SST por 49 empresas, que están afiliadas a la Fundación Mamonal. Las metas de reducción se establecieron de la siguiente manera:

- El primer año una reducción de las descargas en un 22%
- El tercer año una reducción de las descargas en un 34%
- El quinto año una reducción del 66%
- El séptimo año una reducción del 89%
- El décimo año una reducción del 100%

Si se logran cumplir los objetivos de reducción establecidos, la calidad del agua de la BC mejoraría, porque habría menos gasto de OD, restaurándose el ecosistema acuático.

Para alcanzar las metas de disminución de aportes contaminantes, es necesario seguir un cronograma de implementación del Sistema DADO, que como se explicó anteriormente, consiste en la entrada paulatina de las empresas a

la propuesta. Es decir, que en 10 años todas las 49 industrias hayan puesto en marcha el proyecto.

El cumplimiento de la propuesta estaría representado en una mayor demanda de uso recreativo y estético de la Bahía por los turistas. Debido a que la calidad del cuerpo de agua se notaría en los siguientes cambios:

- Menor turbiedad del agua, lo cual da la sensación de limpieza y agrado. Para las personas la transparencia del agua está directamente relacionada con niveles bajos de contaminación.
- Aumento de la penetración de la luz en el agua, al ser más transparente la cantidad de luz solar que ingresa al ecosistema es mayor, lo cual incrementa la producción de oxígeno, porque las plantas realizan mas procesos fotosintéticos.
- Menor consumo de OD que traduce en vida dentro del ecosistema marino. Preservación de la fauna y flora acuática.

Todo esto se traduce en una BC limpia, agradable estéticamente para los turistas o locales, por presentar colores más naturales; también disminuye la posibilidad de restringir el cuerpo de agua para uso turístico primario abriendo la posibilidad a que dentro de la BC se realicen más actividades recreativas y turísticas.

4.4.1 Identificación de impactos económicos

Para identificar los impactos económicos, ocasionados a las empresas de la ZIM pertenecientes a la Fundación Mamonal, que podría llevar acabo la propuesta para cumplir con el cronograma de implementación ya explicado, es necesario evaluar los tres escenarios. Caracterizando puntualmente cada uno de los equipos, materiales, insumos y tecnología que se necesitan para llevar a cabo cada escenario.

Dentro de los tres escenarios planteados, los únicos que se analizarían serían el primero y el último, debido a que en el segundo no hay costos reales que calcular ni beneficios que estimar porque no se presentan mejoras en la calidad ambiental.

ESCENARIO UNO

En el primer escenario se necesitan los siguientes equipos y recurso humano para ejecutarlo:

Descripción y costo de mantenimiento
Digestor de 2m de alto 5m de diámetro
pH metro Digital modelo 903 con dos buffers para calibración
Compresor
Montaje eléctrico biodigestor
MicroTurbina
Accesorios MicroTurbina
Ingeniero de Obra
5 albañiles
Técnico Mecánico
Técnico Electricista
Cambio de filtro de aire MicroTurbina
Cambios de Aceite Compresor
Cambio de Filtro Compresor
Pintura Digestor
Mantenimiento General MicroTurbina
Mantenimiento General Compresor
Cambio Electrodo pH Metro

Tabla 17- Descripción de mantenimiento- Elaborado por el investigador

Estos requerimientos ocasionan unos costos de implementación para las empresas de la ZIM, que forman parte de la propuesta y que teóricamente implementarían el Sistema DADO. Según el cronograma de entrada de las empresas a la implementación de la propuesta, estos costos están convertidos ya en precio cuenta, al haber sido multiplicados los costos financieros por su RPC, eliminando fallas del mercado y mostrando los verdaderos impactos económicos.

Descripción y costo de mantenimiento	1er	2do	3er
Digestor de 2m de alto 5m de diámetro	28.825.613,95 €	0	0
pH metro Digital modelo 903 con dos buffers para calibración	812.749,76 €	0	0
Compresor	22.170.894,90 €	0	0
Montaje eléctrico biodigestor	2.119.698,91 €	0	0
MicroTurbina	82.664.664,00 €	0	0
Accesorios MicroTurbina	20.941.714,88 €	0	0
Ingeniero de Obra	1.500.000,00 €	0	0
5 albañiles	12.240.000,00 €	0	0
Técnico Mecánico	367.200,00 €	0	0
Técnico Electricista	428.400,00 €	0	0
Cambio de filtro de aire MicroTurbina	231.000,00 €	231.000,00 €	231.000,00 €
Cambios de Aceite Compresor	77.000,00 €	77.000,00 €	77.000,00 €
Cambio de Filtro Compresor	61.600,00 €	61.600,00 €	61.600,00 €
Pintura Digestor	0	39.500,00 €	39.500,00 €
Mantenimiento General MicroTurbina	0	551.012,00 €	551.012,00 €
Mantenimiento General Compresor	0	275.506,00 €	275.506,00 €
Cambio Electrodo pH Metro	0	0	0
Totales Costos Un DIGESTOR	172.440.536,40 €	1.235.618,00 €	1.235.618,00 €
Año 1	689.762.145,59 €	4.942.472,00 €	4.942.472,00 €
Año 3			2.931.489.118,76 €
Año 5			
Año 7			
Año 10			
Totales Costos	689.762.145,59	4.942.472,00	2.936.431.590,76

Tabla 18 - Descripción y costo de mantenimiento - Elaborado por el investigador

Descripción y costo de mantenimiento	4to	5to	6to
Digestor de 2m de alto 5m de diámetro	0	0	0
pH metro Digital modelo 903 con dos buffers para calibración	0	0	0
Compresor	0	0	0
Montaje eléctrico biodigestor	0	0	0
MicroTurbina	0	0	0
Accesorios MicroTurbina	0	0	0
Ingeniero de Obra	0	0	0
5 albañiles	0	0	0
Técnico Mecánico	0	0	0
Técnico Electricista	0	0	0
Cambio de filtro de aire MicroTurbina	231.000,00 €	231.000,00 €	231.000,00 €
Cambios de Aceite Compresor	77.000,00 €	77.000,00 €	77.000,00 €
Cambio de Filtro Compresor	61.600,00 €	61.600,00 €	61.600,00 €
Pintura Digestor	39.500,00 €	39.500,00 €	39.500,00 €
Mantenimiento General MicroTurbina	551.012,00 €	551.012,00 €	551.012,00 €
Mantenimiento General Compresor	275.506,00 €	275.506,00 €	275.506,00 €
Cambio Electrodo pH Metro	109.831,05 €	0	0
Totales Costos Un DIGESTOR	1.345.449,05 €	1.235.618,00 €	1.235.618,00 €
Año 1	5.381.796,20 €	4.942.472,00 €	4.942.472,00 €
Año 3	21.005.506,00 €	21.005.506,00 €	22.872.633,83 €
Año 5		172.440.536,40 €	1.235.618,00 €
Año 7			
Año 10			
Totales Costos	26.387.302,20 €	198.388.514,40 €	29.050.723,83 €

Continuación de la Tabla 18- Descripción y costo de mantenimiento -

Elaborado por el investigador

Descripción y costo de mantenimiento	7mo	8vo	9no	10mo
Digestor de 2m de alto 5m de diámetro	0	0	0	0
pH metro Digital modelo 903 con dos buffers para calibración	0	0	0	0
Compresor	0	0	0	0
Montaje eléctrico biodigestor	0	0	0	0
MicroTurbina	0	0	0	0
Accesorios MicroTurbina	0	0	0	0
Ingeniero de Obra	0	0	0	0
5 albañiles	0	0	0	0
Técnico Mecánico	0	0	0	0
Técnico Electricista	0	0	0	0
Cambio de filtro de aire MicroTurbina	231.000,00 €	231.000,00 €	231.000,00 €	231.000,00 €
Cambios de Aceite Compresor	77.000,00 €	77.000,00 €	77.000,00 €	77.000,00 €
Cambio de Filtro Compresor	61.600,00 €	61.600,00 €	61.600,00 €	61.600,00 €
Pintura Digestor	39.500,00 €	39.500,00 €	39.500,00 €	39.500,00 €
Mantenimiento General MicroTurbina	551.012,00 €	551.012,00 €	551.012,00 €	551.012,00 €
Mantenimiento General Compresor	275.506,00 €	275.506,00 €	275.506,00 €	275.506,00 €
Cambio Electrodo pH Metro	0	109.831,05 €	0	0
Totales Costos un DIGESTOR	1.235.618,00 €	1.345.449,05 €	1.235.618,00 €	1.235.618,00 €
Año 1	4.942.472,00 €	5.381.796,20 €	4.942.472,00 €	4.942.472,00 €
Año 3	21.005.506,00 €	21.005.506,00 €	21.005.506,00 €	22.872.633,83 €
Año 5	1.235.618,00 €	1.345.449,05 €	1.235.618,00 €	1.235.618,00 €
Año 7	2.414.167.509,57 €	17.298.652,00 €	17.298.652,00 €	18.836.286,68 €
Año 10				2.069.286.436,78 €
Totales Costos	2.441.351.105,57 €	45.031.403,24 €	44.482.248,00 €	2.117.173.447,29 €

Continuación de la Tabla 18 - Descripción y costo de mantenimiento -

Elaborado por el investigador

Debido a que no se tiene información sobre costo de monitoreo y control de las entidades públicas sobre planes parecidos al CCPL, no se puede estimar costos de control y monitoreo para el DADO por parte de entidades gubernamentales.

Escenario Tres

El último escenario plantea que las empresas si entrarían a la propuesta, pero no con el cronograma creado para cumplir las metas de reducción, lo que modificaría las reducciones de cargas contaminantes propuestas como meta año a año, siendo porcentajes menores los primeros años, pero al final se lograría la misma meta de reducción.

Teniendo presente lo anterior, estos serían los costos de implementación del Sistema DADO en este escenario.

Descripción y costo de mantenimiento	1er	2do	3er
Digestor de 2m de alto 5m de diámetro	28.825.613,95 €	0	0
pH metro Digital modelo 903 con dos buffers para calibración	812.749,76 €	0	0
Compresor	22.170.894,90 €	0	0
Montaje eléctrico biodigestor	2.119.698,91 €	0	0
MicroTurbina	82.664.664,00 €	0	0
Accesorios MicroTurbina	20.941.714,88 €	0	0
Ingeniero de Obra	1.500.000,00 €	0	0
5 albañiles	12.240.000,00 €	0	0
Técnico Mecánico	367.200,00 €	0	0
Técnico Electricista	428.400,00 €	0	0
Cambio de filtro de aire MicroTurbina	231.000,00 €	231.000,00 €	231.000,00 €
Cambios de Aceite Compresor	77.000,00 €	77.000,00 €	77.000,00 €
Cambio de Filtro Compresor	61.600,00 €	61.600,00 €	61.600,00 €
Pintura Digestor	0	39.500,00 €	39.500,00 €
Mantenimiento General MicroTurbina	0	551.012,00 €	551.012,00 €
Mantenimiento General Compresor	0	275.506,00 €	275.506,00 €

Cambio Electrodo pH Metro	0	0	0
Totales Costos Un DIGESTOR	172.440.536,40 €	1.235.618,00 €	1.235.618,00 €
Año 1	517.321.609,19 €	3.706.854,00 €	3.706.854,00 €
Año 3			2.931.489.118,76 €
Año 5			
Año 7			
Año 10			
Totales Costos	517.321.609,19 €	3.706.854,00 €	2.935.195.972,76 €

Tabla 19- Costos de implementación del Sistema DADO en el escenario

tres – Elaborado por el investigador.

Descripción y costo de mantenimiento	4to	5to	6to	7mo
Digestor de 2m de alto 5m de diámetro	0	0	0	0
pH metro Digital modelo 903 con dos buffers para calibración	0	0	0	0
Compresor	0	0	0	0
Montaje eléctrico biodigestor	0	0	0	0
MicroTurbina	0	0	0	0
Accesorios MicroTurbina	0	0	0	0
Ingeniero de Obra	0	0	0	0
5 albañiles	0	0	0	0
Técnico Mecánico	0	0	0	0
Técnico Electricista	0	0	0	0
Cambio de filtro de aire MicroTurbina	231.000,00 €	231.000,00 €	231.000,00 €	231.000,00 €
Cambios de Aceite Compresor	77.000,00 €	77.000,00 €	77.000,00 €	77.000,00 €
Cambio de Filtro Compresor	61.600,00 €	61.600,00 €	61.600,00 €	61.600,00 €
Pintura Digestor	39.500,00 €	39.500,00 €	39.500,00 €	39.500,00 €
Mantenimiento General MicroTurbina	551.012,00 €	551.012,00 €	551.012,00 €	551.012,00 €
Mantenimiento General Compresor	275.506,00 €	275.506,00 €	275.506,00 €	275.506,00 €
Cambio Electrodo pH Metro	109.831,05 €	0	0	0
Totales Costos Un DIGESTOR	1.345.449,05 €	1.235.618,00 €	1.235.618,00 €	1.235.618,00 €
Año 1	4.036.347,15 €	3.706.854,00 €	3.706.854,00 €	3.706.854,00 €
Año 3	21.005.506,00 €	21.005.506,00 €	22.872.633,83 €	21.005.506,00 €
Año 5				172.440.536,40 €
Año 7				2.414.167.509,57 €
Año 10				
Totales Costos	25.041.853,15 €	24.712.360,00 €	26.579.487,83 €	2.611.320.405,97 €

Continuación de la Tabla 19 - Costos de implementación del Sistema

DADO en el escenario tres – Elaborado por el investigador.

Descripción y costo de mantenimiento	8vo	9no	10mo
Digestor de 2m de alto 5m de diámetro	0	0	0
pH metro Digital modelo 903 con dos buffers para calibración	0	0	0
Compresor	0	0	0
Montaje eléctrico biodigestor	0	0	0
MicroTurbina	0	0	0
Accesorios MicroTurbina	0	0	0
Ingeniero de Obra	0	0	0
5 albañiles	0	0	0
Técnico Mecánico	0	0	0
Técnico Electricista	0	0	0
Cambio de filtro de aire MicroTurbina	231.000,00 €	231.000,00 €	231.000,00 €
Cambios de Aceite Compresor	77.000,00 €	77.000,00 €	77.000,00 €
Cambio de Filtro Compresor	61.600,00 €	61.600,00 €	61.600,00 €
Pintura Digestor	39.500,00 €	39.500,00 €	39.500,00 €
Mantenimiento General MicroTurbina	551.012,00 €	551.012,00 €	551.012,00 €
Mantenimiento General Compresor	275.506,00 €	275.506,00 €	275.506,00 €
Cambio Electrodo pH Metro	109.831,05 €	0	0
Totales Costos Un DIGESTOR	1.345.449,05 €	1.235.618,00 €	1.235.618,00 €
Año 1	4.036.347,15 €	3.706.854,00 €	3.706.854,00 €
Año 3	21.005.506,00 €	21.005.506,00 €	22.872.633,83 €
Año 5	1.235.618,00 €	1.235.618,00 €	1.345.449,05 €
Año 7	17.298.652,00 €	17.298.652,00 €	18.836.286,68 €
Año 10			2.241.726.973,17 €
Totales Costos	43.576.123,15 €	43.246.630,00 €	2.288.488.196,73 €

Continuación de la Tabla 19- Costos de implementación del Sistema

DADO en el escenario tres – Elaborado por el investigador.

4.4.2 Determinación de impactos relevantes

Una mejora en la calidad del agua de la BC, generaría un incremento de la demanda turística por la ciudad; a su vez, esto

puede generar el aumento de los empleos directos e indirectos, mejorando la situación socio-económica de la población, reduciendo la tasa de desempleo y dinamizando la economía, por el aumento de la capacidad de compra de las personas.

En la revista *Cuaderno de Coyuntura Económica de Cartagena de Indias*, explican que en el 2002, en la ciudad, por cada 100 habitaciones de hotel que se ocupaban con turista, 67 residentes cartageneros tenían empleo.

El sector turístico como tal es muy importante para la ciudad, porque es un generador de ingresos, para el 2003 se recibió \$190 mil millones de pesos por parte de los viajeros, ubicándose la ciudad en el segundo destino turístico de mayor ingreso obtenido y en el primer lugar de preferencia para viajar por los colombianos.

Si se logran cumplir las metas de reducción se podrían otorgarle nuevos usos a la BC a mediano o largo plazo, como buceo o snorkel. Estos nuevos usos, les brindarían a los turistas

novedosas alternativas recreativas dentro de la ciudad, lo cual impactaría positivamente generando un aumento en el número de visitantes anuales.

Por otro lado, una BC menos contaminada contribuye a disminuir los niveles de morbilidad ocasionados por el contacto primario con sus aguas, aumentaría la biota natural y esto favorecería a los pescadores por la mejora en la fauna acuática.

Los anteriores serían los impactos más relevantes producidos por el Sistema DADO, que competen a este ejercicio teórico.

5. Evaluación de Beneficios Propuesta

Modelo semilogarítmico

$$\Pr(SER2) = \Pr(\alpha_0 - \beta \log(DAP2) + \alpha_1 Sol \ y \ Playa2 + u2 > 0) \quad (15)$$

Variable	Coefficiente	Error Estándar	Estadístico z	P-value
Constante	1.540998	0.096794	2.486310	0.0171
Log(dap2)	-0.235816	0.108397	-2.175491	0.0296

Sol y Playa	0.546608	0.081123	2.818959	0.0128
-------------	----------	----------	----------	--------

Tabla 20. Estimación de la regresión –Elaborado por el investigador

Para hallar los beneficios de la propuesta de implementación de un sistema de biodigestor se obtuvo el promedio del número de turistas que ingreso a Cartagena en los últimos 10 años y se supuso que en los próximos años va a oscilar alrededor de la media aritmética que es de 507.352 *ceteris paribus*.

Se multiplicó, entonces, el número de turistas por la disposición a pagar mediana obtenida del modelo probit. El beneficio anual del turismo asciende a \$ 3.548.006.918,34.

Para la determinación de los costos de implementación del Sistema DADO en cada empresa, se determinó cuanto valía el sistema del biodigestor, a través de información secundaria, como cotizaciones en Internet e información en las páginas de los proveedores; estos precios se convirtieron en precios cuenta, multiplicándolo por RPC respectiva, que son las siguientes:

Código	Actividad Económica	RPC
CIU		
	Divisa	1.8

8383-1	Accesorios y repuestos	0.77
	Mano de obra profesional	1.00
	Mano de obra no calificada	0.60
	Obreros calificados	0.60
3521-1	Fabricación de pinturas y barnices para uso general e industrial	0.79
8383-2	Servicios industriales de terceros	0.77

Tabla 21- Actividad económica – Elaborado por Bello et al

Costo unitario del Sistema DADO:

Descripción y costo de mantenimiento	1er año	2do año	3er año	4to año
Digestor de 2m de alto 5m de diámetro	\$ 28.825.613,95	0	0	0
pH metro Digital modelo 903 con dos buffers para calibración	\$ 812.749,76	0	0	0
Compresor	\$ 22.170.894,90	0	0	0
Montaje eléctrico biodigestor	\$ 2.119.698,91	0	0	0
MicroTurbina	\$ 82.664.664,00	0	0	0
Accesorios MicroTurbina	\$ 20.941.714,88	0	0	0
Ingeniero de Obra	\$ 1.500.000,00	0	0	0
5 albañiles	\$ 12.240.000,00	0	0	0
Técnico Mecánico	\$ 367.200,00	0	0	0
Técnico Electricista	\$ 428.400,00	0	0	0
Cambio de filtro de aire MicroTurbina	\$ 231.000,00	\$ 231.000,00	\$ 231.000,00	\$ 231.000,00
Cambios de Aceite Compresor	\$ 77.000,00	\$ 77.000,00	\$ 77.000,00	\$ 77.000,00
Cambio de Filtro Compresor	\$ 61.600,00	\$ 61.600,00	\$ 61.600,00	\$ 61.600,00
Pintura Digestor	0	\$ 39.500,00	\$ 39.500,00	\$ 39.500,00
Mantenimiento General MicroTurbina	0	\$ 551.012,00	\$ 551.012,00	\$ 551.012,00
Mantenimiento General Compresor	0	\$ 275.506,00	\$ 275.506,00	\$ 275.506,00
Cambio Electrodo pH Metro	0	0	0	\$ 109.831,05

Tabla 22 – Descripción y costo del Sistema DADO – Elaborado por el investigador.

Descripción y costo de mantenimiento	5to	6to	7mo	8vo
Digestor de 2m de alto 5m de diámetro	0	0	0	0
pH metro Digital modelo 903 con dos buffers para calibración	0	0	0	0
Compresor	0	0	0	0
Montaje eléctrico biodigestor	0	0	0	0
MicroTurbina	0	0	0	0
Accesorios MicroTurbina	0	0	0	0
Ingeniero de Obra	0	0	0	0
5 albañiles	0	0	0	0
Técnico Mecánico	0	0	0	0
Técnico Electricista	0	0	0	0
Cambio de filtro de aire MicroTurbina	\$ 231.000,00	\$ 231.000,00	\$ 231.000,00	\$ 231.000,00
Cambios de Aceite Compresor	\$ 77.000,00	\$ 77.000,00	\$ 77.000,00	\$ 77.000,00
Cambio de Filtro Compresor	\$ 61.600,00	\$ 61.600,00	\$ 61.600,00	\$ 61.600,00
Pintura Digestor	\$ 39.500,00	\$ 39.500,00	\$ 39.500,00	\$ 39.500,00
Mantenimiento General MicroTurbina	\$ 551.012,00	\$ 551.012,00	\$ 551.012,00	\$ 551.012,00
Mantenimiento General Compresor	\$ 275.506,00	\$ 275.506,00	\$ 275.506,00	\$ 275.506,00
Cambio Electrodo pH Metro	0	0	0	\$ 109.831,05

Continuación de la Tabla 22- Descripción y costo del Sistema DADO -

Elaborado por el investigador.

Descripción y costo de mantenimiento	9no año	10mo año
Digestor de 2m de alto 5m de diámetro	0	0
pH metro Digital modelo 903 con dos buffers para calibración	0	0
Compresor	0	0
Montaje eléctrico biodigestor	0	0
MicroTurbina	0	0
Accesorios MicroTurbina	0	0
Ingeniero de Obra	0	0
5 albañiles	0	0
Técnico Mecánico	0	0
Técnico Electricista	0	0
Cambio de filtro de aire MicroTurbina	\$ 231.000,00	\$ 231.000,00
Cambios de Aceite Compresor	\$ 77.000,00	\$ 77.000,00
Cambio de Filtro Compresor	\$ 61.600,00	\$ 61.600,00

Pintura Digestor	\$ 39.500,00	\$ 39.500,00
Mantenimiento General MicroTurbina	\$ 551.012,00	\$ 551.012,00
Mantenimiento General Compresor	\$ 275.506,00	\$ 275.506,00
Cambio Electrodo pH Metro	0	0

Continuación de la Tabla 22- Descripción y costo del Sistema

DADO – Elaborado por el investigador.

Debido a que no se cuenta con una proyección de los precios de los insumos necesarios para el costo de operación y mantenimiento del Sistema DADO, se supuso que estos serían iguales todos los años.

Conociendo los costos unitarios de la implementación del Sistema DADO, se prosiguió a calcular precios de cada escenario, los cuales son los siguientes:

ESCENARIO UNO

Descripción y costo de mantenimiento	1er	2do	3er
Digestor de 2m de alto 5m de diámetro	28.825.613,95 €	0	0
pH metro Digital modelo 903 con dos buffers para calibración	812.749,76 €	0	0
Compresor	22.170.894,90 €	0	0
Montaje eléctrico biodigestor	2.119.698,91 €	0	0
MicroTurbina	82.664.664,00 €	0	0
Accesorios MicroTurbina	20.941.714,88 €	0	0
Ingeniero de Obra	1.500.000,00 €	0	0
5 albañiles	12.240.000,00 €	0	0
Técnico Mecánico	367.200,00 €	0	0

Técnico Electricista	428.400,00 €	0	0
Cambio de filtro de aire MicroTurbina	231.000,00 €	231.000,00 €	231.000,00 €
Cambios de Aceite Compresor	77.000,00 €	77.000,00 €	77.000,00 €
Cambio de Filtro Compresor	61.600,00 €	61.600,00 €	61.600,00 €
Pintura Digestor	0	39.500,00 €	39.500,00 €
Mantenimiento General MicroTurbina	0	551.012,00 €	551.012,00 €
Mantenimiento General Compresor	0	275.506,00 €	275.506,00 €
Cambio Electrodo pH Metro	0	0	0
Totales Costos Un DIGESTOR	172.440.536,40 €	1.235.618,00 €	1.235.618,00 €
Año 1	689.762.145,59 €	4.942.472,00 €	4.942.472,00 €
Año 3			2.931.489.118,76 €
Año 5			
Año 7			
Año 10			
Totales Costos	689.762.145,59 €	4.942.472,00 €	2.936.431.590,76 €

Tabla 23 – Descripción de costos y mantenimiento, escenario uno.

Elaborado por el investigador

Descripción y costo de mantenimiento	4to	5to	6to
Digestor de 2m de alto 5m de diámetro	0	0	0
pH metro Digital modelo 903 con dos buffers para calibración	0	0	0
Compresor	0	0	0
Montaje eléctrico biodigestor	0	0	0
MicroTurbina	0	0	0
Accesorios MicroTurbina	0	0	0
Ingeniero de Obra	0	0	0
5 albañiles	0	0	0
Técnico Mecánico	0	0	0
Técnico Electricista	0	0	0
Cambio de filtro de aire MicroTurbina	231.000,00 €	231.000,00 €	231.000,00 €
Cambios de Aceite Compresor	77.000,00 €	77.000,00 €	77.000,00 €
Cambio de Filtro Compresor	61.600,00 €	61.600,00 €	61.600,00 €
Pintura Digestor	39.500,00 €	39.500,00 €	39.500,00 €
Mantenimiento General MicroTurbina	551.012,00 €	551.012,00 €	551.012,00 €

Mantenimiento General Compresor	275.506,00 €	275.506,00 €	275.506,00 €
Cambio Electrodo pH Metro	109.831,05 €	0	0
Totales Costos Un DIGESTOR	1.345.449,05 €	1.235.618,00 €	1.235.618,00 €
Año 1	5.381.796,20 €	4.942.472,00 €	4.942.472,00 €
Año 3	21.005.506,00 €	21.005.506,00 €	22.872.633,83 €
Año 5		172.440.536,40 €	1.235.618,00 €
Año 7			
Año 10			
Totales Costos	26.387.302,20 €	198.388.514,40 €	29.050.723,83 €

Continuación de la Tabla 23 - Descripción de costos y mantenimiento,

escenario uno. Elaborado por el investigador

Descripción y costo de mantenimiento	7mo	8vo	9no	10mo
Digestor de 2m de alto 5m de diámetro	0	0	0	0
pH metro Digital modelo 903 con dos buffers para calibración	0	0	0	0
Compresor	0	0	0	0
Montaje eléctrico biodigestor	0	0	0	0
MicroTurbina	0	0	0	0
Accesorios MicroTurbina	0	0	0	0
Ingeniero de Obra	0	0	0	0
5 albañiles	0	0	0	0
Técnico Mecánico	0	0	0	0
Técnico Electricista	0	0	0	0
Cambio de filtro de aire MicroTurbina	231.000,00 €	231.000,00 €	231.000,00 €	231.000,00 €
Cambios de Aceite Compresor	77.000,00 €	77.000,00 €	77.000,00 €	77.000,00 €
Cambio de Filtro Compresor	61.600,00 €	61.600,00 €	61.600,00 €	61.600,00 €
Pintura Digestor	39.500,00 €	39.500,00 €	39.500,00 €	39.500,00 €
Mantenimiento General MicroTurbina	551.012,00 €	551.012,00 €	551.012,00 €	551.012,00 €
Mantenimiento General Compresor	275.506,00 €	275.506,00 €	275.506,00 €	275.506,00 €
Cambio Electrodo pH Metro	0	109.831,05 €	0	0
Totales Costos un DIGESTOR	1.235.618,00 €	1.345.449,05 €	1.235.618,00 €	1.235.618,00 €
Año 1	4.942.472,00 €	5.381.796,20 €	4.942.472,00 €	4.942.472,00 €
Año 3	21.005.506,00 €	21.005.506,00 €	21.005.506,00 €	22.872.633,83 €
Año 5	1.235.618,00 €	1.345.449,05 €	1.235.618,00 €	1.235.618,00 €
Año 7	2.414.167.509,57 €	17.298.652,00 €	17.298.652,00 €	18.836.286,68 €
Año 10				2.069.286.436,78 €
Totales Costos	2.441.351.105,57 €	45.031.403,24 €	44.482.248,00 €	2.117.173.447,29 €

Escenario tres

Descripción y costo de mantenimiento	1er	2do	3er
Digestor de 2m de alto 5m de diámetro	28.825.613,95 €	0	0
pH metro Digital modelo 903 con dos buffers para calibración	812.749,76 €	0	0
Compresor	22.170.894,90 €	0	0
Montaje eléctrico biodigestor	2.119.698,91 €	0	0
MicroTurbina	82.664.664,00 €	0	0
Accesorios MicroTurbina	20.941.714,88 €	0	0
Ingeniero de Obra	1.500.000,00 €	0	0
5 albañiles	12.240.000,00 €	0	0
Técnico Mecánico	367.200,00 €	0	0
Técnico Electricista	428.400,00 €	0	0
Cambio de filtro de aire MicroTurbina	231.000,00 €	231.000,00 €	231.000,00 €
Cambios de Aceite Compresor	77.000,00 €	77.000,00 €	77.000,00 €
Cambio de Filtro Compresor	61.600,00 €	61.600,00 €	61.600,00 €
Pintura Digestor	0	39.500,00 €	39.500,00 €
Mantenimiento General MicroTurbina	0	551.012,00 €	551.012,00 €
Mantenimiento General Compresor	0	275.506,00 €	275.506,00 €
Cambio Electrodo pH Metro	0	0	0
Totales Costos Un DIGESTOR	172.440.536,40 €	1.235.618,00 €	1.235.618,00 €
Año 1	517.321.609,19 €	3.706.854,00 €	3.706.854,00 €
Año 3			2.931.489.118,76 €
Año 5			
Año 7			
Año 10			
Totales Costos	517.321.609,19 €	3.706.854,00 €	2.935.195.972,76 €

Tabla 24 - Descripción de costos y mantenimiento, escenario tres.

Elaborado por el investigador

Descripción y costo de mantenimiento	4to	5to	6to	7mo
Digestor de 2m de alto 5m de diámetro	0	0	0	0
pH metro Digital modelo 903 con dos buffers para calibración	0	0	0	0
Compresor	0	0	0	0
Montaje eléctrico biodigestor	0	0	0	0
MicroTurbina	0	0	0	0
Accesorios MicroTurbina	0	0	0	0
Ingeniero de Obra	0	0	0	0
5 albañiles	0	0	0	0
Técnico Mecánico	0	0	0	0
Técnico Electricista	0	0	0	0
Cambio de filtro de aire MicroTurbina	231.000,00 €	231.000,00 €	231.000,00 €	231.000,00 €
Cambios de Aceite Compresor	77.000,00 €	77.000,00 €	77.000,00 €	77.000,00 €
Cambio de Filtro Compresor	61.600,00 €	61.600,00 €	61.600,00 €	61.600,00 €
Pintura Digestor	39.500,00 €	39.500,00 €	39.500,00 €	39.500,00 €
Mantenimiento General MicroTurbina	551.012,00 €	551.012,00 €	551.012,00 €	551.012,00 €
Mantenimiento General Compresor	275.506,00 €	275.506,00 €	275.506,00 €	275.506,00 €
Cambio Electrodo pH Metro	109.831,05 €	0	0	0
Totales Costos Un DIGESTOR	1.345.449,05 €	1.235.618,00 €	1.235.618,00 €	1.235.618,00 €
Año 1	4.036.347,15 €	3.706.854,00 €	3.706.854,00 €	3.706.854,00 €
Año 3	21.005.506,00 €	21.005.506,00 €	22.872.633,83 €	21.005.506,00 €
Año 5				172.440.536,40 €
Año 7				2.414.167.509,57 €
Año 10				
Totales Costos	25.041.853,15 €	24.712.360,00 €	26.579.487,83 €	2.611.320.405,97 €

Continuación de la Tabla 24- Descripción de costos y mantenimiento,

escenario uno. Elaborado por el investigador

Descripción y costo de mantenimiento	8vo	9no	10mo
Digestor de 2m de alto 5m de diámetro	0	0	0
pH metro Digital modelo 903 con dos buffers para calibración	0	0	0
Compresor	0	0	0
Montaje eléctrico biodigestor	0	0	0
MicroTurbina	0	0	0
Accesorios MicroTurbina	0	0	0
Ingeniero de Obra	0	0	0
5 albañiles	0	0	0
Técnico Mecánico	0	0	0
Técnico Electricista	0	0	0
Cambio de filtro de aire MicroTurbina	231.000,00 €	231.000,00 €	231.000,00 €
Cambios de Aceite Compresor	77.000,00 €	77.000,00 €	77.000,00 €
Cambio de Filtro Compresor	61.600,00 €	61.600,00 €	61.600,00 €
Pintura Digestor	39.500,00 €	39.500,00 €	39.500,00 €
Mantenimiento General MicroTurbina	551.012,00 €	551.012,00 €	551.012,00 €
Mantenimiento General Compresor	275.506,00 €	275.506,00 €	275.506,00 €
Cambio Electrodo pH Metro	109.831,05 €	0	0
Totales Costos Un DIGESTOR	1.345.449,05 €	1.235.618,00 €	1.235.618,00 €
Año 1	4.036.347,15 €	3.706.854,00 €	3.706.854,00 €
Año 3	21.005.506,00 €	21.005.506,00 €	22.872.633,83 €
Año 5	1.235.618,00 €	1.235.618,00 €	1.345.449,05 €
Año 7	17.298.652,00 €	17.298.652,00 €	18.836.286,68 €
Año 10			2.241.726.973,17 €
Totales Costos	43.576.123,15 €	43.246.630,00 €	2.288.488.196,73 €

Continuación de la Tabla 24 - Descripción de costos y

mantenimiento, escenario tres. Elaborado por el investigador

5.1 Viabilidad del Plan de Descontaminación de la BC

Para hacer la evaluación costo beneficio se plantearon tres escenarios. El primero consiste en que todas las empresas

cumplen las condiciones y los plazos para entrar en la propuesta. En el segundo, ninguna empresa ingresaría a la propuesta. En el tercer escenario, las empresas se acogen a la propuesta pero los plazos de entrada no se cumplen y las industrias ingresan al plan irregularmente.

Igual que en el análisis del costo beneficio para el CCPL, se utilizó el criterio Kaldor Hicks para evaluar la propuesta generada por el investigador. Luego, se procedió a analizar los beneficios que una mejora en la calidad ambiental de la BC ocasionarían en el turismo, este análisis se hizo a través del Método de Valoración Contingente. Obteniendo, de esta manera, la disposición a pagar de las personas y hallando la mediana del excedente del consumidor.

Obteniendo, con esto, beneficios para todo el sector turístico, comparando este resultado con los diferentes costos planteados en los escenarios generados por la propuesta, los cuales se hicieron con base en la entrada paulatina de las empresas y su implementación del Sistema DADO.

Para tal fin, se llevaron todos los valores a la fecha focal del 2006, a través del VPN para poder comparar los beneficios para el

turismo y los costos de las empresas al implementar el primero y tercer escenarios. Teniendo en cuenta, que en el segundo escenario no entra ninguna empresa a la propuesta, no habrían costos reales que evaluar en las industrias ni beneficios como tal para los turistas; razón por la cual, no hay valoración costo – beneficio para este escenario.

En el primer escenario, como se mencionó anteriormente, se llevaron todos los beneficios del turismo y los costos para empresas, trayendo estos valores al 2006, a través de una tasa de descuento de 10%, como ya se había mencionado antes.

Debido a que el valor del VPN es 16.697.102.532,33 pesos y es positivo, siendo viable económica y socialmente el primer escenario, según el criterio de Kaldor Hick.

De la misma manera se evaluó el tercer escenario, comparando los beneficios del turismo con los costos del mismo, en el cual se planteó que las empresas entrarían en desorden dentro de la implementación de la propuesta. Obteniendo un valor de VPN positivo de 16.813.901.845,17 pesos, por lo tanto, también es viable económica y socialmente.

Comparando, el valor arrojado por el VPN en el primer escenario, que fue de: 16.697.102.532,33 pesos con el valor del VPN del tercer escenario que fue de: 16.813.901.845,17 pesos, se puede observar que este último es levemente mayor que el primero. Por lo tanto, el tercer escenario sería mejor que el primero, hablando en términos de evaluación económica y social.

El VPN de los distintos escenarios depende de los costos y beneficios incluidos en el escenario, así como de la tasa de descuento utilizada para tomar en cuenta el valor de los impactos en el tiempo. Los beneficios en cada uno de los escenarios permanecen constantes porque sólo dependen del excedente del consumidor obtenido del modelo log-probit con los datos de la encuesta.

Al retrasar la entrada de una empresa x al plan de descontaminación, dicha empresa se ahorraría los costos en que pudo haber incurrido en el pasado, si su entrada hubiera sido en un período anterior, de esta manera si todas las empresas entraran al plan en el último año, el año 10, el VPN alcanzaría su valor máximo pues las empresas incurrieron en menores gastos y produjeron el mismo beneficio.

CONCLUSIÓN

El objetivo del presente trabajo de grado, fue elaborar una propuesta que ayudara a la reducción de cargas contaminantes, arrojadas por las empresas de la ZIM a la Bahía de Cartagena. A su vez, realizar un análisis costo – beneficio de dicha propuesta, para conocer su viabilidad. Simultáneamente, se hizo otro análisis costo – benéfico de un Convenio realizado entre el sector público y privado, denominado Convenio de Concertación para una Producción Limpia.

Cuando se estaba realizando el anteproyecto se planteó que las empresas eran los perdedores, porque ello debía internalizar los costos externos. Pero al comenzar a realizar el análisis costo – beneficio se llegó a la conclusión que corregir sus externalidades sobre la BC, les traerían también beneficios, por lo tanto los roles de perdedores y ganadores desaparecen. De esto se puede suponer, que el criterio Kaldor Hicks de compensación no tendría el mismo sentido, porque para caso, las empresas como tal no necesitan una compensación del sector turístico para alcanzar su utilidad anterior, ya que por la implementación del CCPL ganan beneficios que fueron explicados en el cuerpo del trabajo.

En cuanto al análisis de la propuesta del investigador, las conclusiones son similares, con la diferencia de que el VPN dio positivo en este caso.

Por lo tanto, se concluye que si se pudiera llevar a cabo otro convenio como el CCPL u otra propuesta, sería beneficioso para la sociedad en su conjunto, pues aumentaría el bienestar social para la población, ya que mejoraría la calidad del agua de la BC, la cual es utilizada por múltiples propósitos por locales y turistas.

Es urgente, que el sector público y privado, sigan ejecutando convenios y propuesta de cuidado ambiental para este recurso hídrico, debido a que presenta serios deterioros ambientales.

ANEXOS

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
 FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS
 PREFERENCIAS TURÍSTICAS
 NACIONALES Y EXTRANJEROS

1. Lugar de procedencia: _____
2. Genero:
3. ¿Es la primera vez que viene de vacaciones a Cartagena?
 SI ____ NO _____
4. ¿Estaría usted dispuesto a pagar, al llegar al aeropuerto de Cartagena una contribución monetaria de \$10000 (Diez mil pesos) para ayudar a descontaminar la Bahía de la ciudad?
 Si No
5. ¿Estaría usted dispuesto a pagar, al llegar al aeropuerto de Cartagena una contribución monetaria de \$ 50000 (Cincuenta mil pesos) para ayudar a descontaminar la Bahía de la ciudad?
 Si No
6. ¿Estaría usted dispuesto a pagar, al llegar al aeropuerto de Cartagena una contribución monetaria de \$100,000 (Diez mil pesos) para ayudar a descontaminar la Bahía de la ciudad?
 Si No
 a) SI b) NO
7. Si su respuesta anterior fue negativa ¿Cuántas veces ha venido a Cartagena en los últimos 5 años? _____
8. Si la respuesta a la pregunta número 1 fue no ¿Ha venido a Cartagena este año más de una vez? _____
 a) SI b) NO
9. ¿Cuántas tiempo promedio a durado en la ciudad las veces que ha venido? _____

- e) Más de un mes
e) Más de un me
10. ¿Por qué motivo turístico visita Cartagena?
- a) Sol y playa b) Congreso, convención o evento c) Negocios
d) Visitar sitios históricos y culturales
11. Si usted es extranjero ¿Cuánto le costaron los tiquetes aéreos para viajar de vacaciones a Cartagena?
12. Si es usted extranjero ¿Cuánto tiene que pagar por su estadía en el hotel? (Los valores están dados en pesos/día)
- a) 130 mil pesos/día b) 155 mil pesos/día
c) 210 mil pesos/día d) 260 mil pesos/día
e) 300 mil pesos/día
13. Si es usted colombiano ¿Qué medio de transporte utilizó para venir a Cartagena? _____
14. Si es usted colombiano y viajó en avión hacia la ciudad ¿Cuánto le costó su plan turístico? (Incluido pasaje y hotel)

15. Si es usted colombiano y viajó en transporte terrestre hacia la ciudad ¿Cuánto le costó su plan turístico? (Incluido transporte y hotel) _____

BIBLIOGRAFÍA

AGUILERA Díaz, María. et al. Informe de Coyuntura Económica Regional, ICER.

BÁEZ Ramírez, Javier Eduardo. CALVO Stevenson, Haroldo. *La economía de Cartagena en la segunda mitad del siglo XX: Diversificación y rezago*. Departamento de Investigaciones, Universidad Jorge Tadeo Lozano Seccional del Caribe. Cartagena de Indias, noviembre de 1999.

CASTRO, Raúl. MOKATE, Karen. *Evaluación económica y social de proyectos de inversión*. Ediciones Uniandes. Bogota, 2005. Primera Reimpresión.

CASTRO, Ángela. "Estudio de la contaminación microbiológica y su relación con los parámetros físico –químico en la Bahía de Cartagena, sector El Laguito-Castillo Grande). Cartagena, 2001.

CERDA, Arcadio. "Valoración Económica del Medio Valoración Económica del Medio Ambiente". II Curso: "Instrumentos de mercado y fuentes de financiamiento para el desarrollo sostenible". Centro de Formación AECI. 2003.

CERDA, Claudia. Tesis para optar al grado de magíster en gestión y planificación ambiental. *BENEFICIOS DE LA RECREACIÓN AL INTERIOR DE LA RESERVA NACIONAL LAGO PEÑUELAS*.

FIELD, Barry. *Economía Ambiental, una introducción*. McGrawHill. Bogota, 1995. Primera Edición.

GARAY, Jesús. "Vigilancia de la contaminación por petróleo en el Caribe Colombiano". Bogotá, 1987.

IBÁÑEZ, Ana Maria. "Curso de valoración económico de los impacto ambientales de la contaminación". 2004

MEBARAK, Dunia. RICO, Maria del Rosario. MASA, Tatiana. Tesis de grado para optar al título de administrador de empresas. *Diagnostico del turismo receptivo en la ciudad de Cartagena de Indias y formulación de estrategias para su atención diferencial*. Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar. Cartagena de Indias, 1999.

MENDOZA, Johnny. CARABALLO, Iván. Tesis de grado para optar al título de magíster en administración con énfasis en

negocios internacionales. *Alternativas y oportunidades para el desarrollo turístico de Cartagena a partir del año 2000*. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey – Universidad Autónoma de Bucaramanga – Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar. Cartagena de Indias, 1999.

MENDOZA, Astrid. "Evaluación de la metilación del mercurio en los sedimentos de la Bahía de Cartagena ". Tesis para optar al título de magíster en Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de los Andes. 2004

MEYER Krumholz, Daniel. *Turismo y desarrollo sostenible*. Universidad externado de Colombia. Bogota, 2002. Primera Edición.

NICHOLSON, Walter. *Microeconomía intermedia y sus aplicaciones*. Mc Graw Hill. Bogota, 2001. Octava Edición.

RAMÍREZ, Mauricio. Tesis: "*Estudio preliminar de la contaminación térmica en la Bahía de Cartagena*". Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ciencias del Mar. Bogotá, 1976.

Roca, Andrés. Castro, Aníbal. Ibarra, Gloria. Pineda, Javier. Londoño, Leonor. Guzmán, Octavio. Hincapié, Sonia. Tesis de grado para optar al título de magíster en gestión ambiental para el desarrollo sostenible con énfasis en zonas costeras. Propuesta de un sistema de gestión ambiental para la Zona Industrial Mamonal – Cartagena. Pontificia Universidad Javeriana – IDEADE – Fundación Universidad de Bogota Jorge Tadeo Lozano Seccional del Caribe. Cartagena, 1998.

STOKER, Stephen. SEAGER, Spencer.” Química ambiental: contaminación del aire y del agua”. Editorial Blumel, Barcelona, 1981.

Ambientronika LTDA. Estudio presentado a CARDIQUE. Diseño de la red de calidad de agua del distrito de Cartagena – Convenio SECAB 090/98 – Contrato 003/99 – Reporte final. Cartagena de Indias, 1999.

Alcaldía Mayor de Cartagena. *Plan de Ordenamiento Territorial.* Cartagena de Indias, Junio 2001.

Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar. *Plan Estratégico 1999-2004.* Bogota, 1999.

Escuela Naval Almirante Padilla (ESP). Tesis: “*Análisis de la contaminación térmica de la Bahía de Cartagena y sus efecto en el medio marino* “. Trabajo de grado para el título de oceanógrafo físico. Facultad de oceanografía física, Cartagena de Indias, 1992.

Concejo Distrital de Cartagena. Acuerdo No .50 de 1991, CIOH – Armada Nacional – DIMAR.

Concejo Distrital de Cartagena. Acuerdo No .58 de 1991, CIOH – Armada Nacional – DIMAR.

Boletín Científico CIOH No 6.

Boletín Científico CIOH No 7.

Boletín Científico CIOH No 10.

Boletín Científico CIOH No 16.

Manual de ayuda del software E-views. Modelos binarios

SIERRA MISCO. Informe final. *“Estudio de la caracterización y evaluación de la calidad ambiental de los recursos de aire, agua y suelo de influencia de la zona industrial de Mamonal”*.1999.

Invernar. “Diagnostico de la contaminación de la contaminación marina costera del caribe y pacifico colombiano”. Red de vigilancia para la conservación de zonas marinas y costera en Colombia. Informe final. 2003.

Corporación nacional de turismo.”Metodología para la realización del inventario de atractivos turístico”. 2002.

Ministerio de Defensa, DIMAR, CIOH. “Presencia de organismo exógenos y patógenos en aguas de latres de buques de tráfico internacional. Fase 3, Cartagena, 2004

FUENTES

<http://www.cep.unep.org/pubs/meetingreports/LBS%20ISTAC/Spanish%20Docs/Final%20Workplan%20and%20Budgt%20Span.doc>

http://manejo.ens.uabc.mx/Pagina-OEMGC/PAGINA-OEMGC-2005/5_ORDENAMIENTO/1_CHARACTERIZACION/CONSULTA%20PUBLICA/INE-22sep2005-en-doc/02_pesca_cp_INE.doc

[http://grid2.cr.usgs.gov/cepnet/pubs/meetingreports/10th%20IGM/adopted%20workplan%2002-03/adopted%20Workplan%2002-03\(S\).doc](http://grid2.cr.usgs.gov/cepnet/pubs/meetingreports/10th%20IGM/adopted%20workplan%2002-03/adopted%20Workplan%2002-03(S).doc)

