



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **Diseño metodológico de un sistema de indicadores para el seguimiento ambiental en zonas portuarias: estudio de caso**

**Yamith Alberto Quintana Hernández**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad Nacional de Minas  
Escuela de Geociencias y Medio Ambiente  
Medellín, Colombia

2011



# Diseño metodológico de un sistema de indicadores para el seguimiento ambiental en zonas portuarias: estudio de caso

**Yamith Alberto Quintana Hernández**

Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Medio Ambiente y Desarrollo**

Director:

Doctor en Ciencias y Tecnologías Marinas  
Andrés Fernando Osorio Arias

Línea de Investigación:

Gestión Ambiental

Grupo de Investigación:

Oceanografía e Ingeniería Costera “*OCEÁNICOS*”

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad Nacional de Minas  
Escuela de Geociencias y Medio Ambiente  
Medellín, Colombia

2011



*Dedicatoria*

***In Memoriam:***

*A dos Grandes Padres:*

*“Papá Negro” y Alfonso*

***A mis padres,***

*Alfonso y Emilse*

***A mis grandes amores, esposa e hijos,***

*Silena P., Santiago Alberto y Ángel David*

***A mis hermanos,***

*Xiomara, Hildemar, Mario*

***Demás familiares***



## **Agradecimientos**

A Dios infinitamente por permitirme realizar mis sueños y aspiraciones, por permanecer bajo mi sombra, iluminándome y protegiéndome.

Agradezco a la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín por darme la oportunidad de pertenecer a este gran Claustro -Gran Orgullo- y en especial a los profesores que contribuyeron a mi formación académica, profesional y personal.

Al Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial porque a través del proyecto de consultoría realizado se pudo plantear este trabajo.

A mi director de tesis Andrés Osorio y mis jurados evaluadores Gladys Bernal y Francisco Avella, por sus valiosos aportes.

En especial a mis Ángeles en Medellín Andrés Osorio, Gladys Bernal y Rogelio Moya, ya que gracias a su apoyo incondicional me dieron la posibilidad de cumplir con esta meta.

A mis amigos de la Maestría y del grupo de Investigación OCEÁNICOS quienes remplazaron momentáneamente a mi familia ausente en la ciudad, me hicieron la vida más agradable, llevadera, y con quienes viví experiencias y vivencias inolvidables.

A mi familia por soportar mi ausencia durante tanto tiempo.





## Resumen

La actividad portuaria genera impactos negativos que deterioran la calidad ambiental en las zonas de influencia, conllevando con esto a un deterioro de la calidad de vida de las poblaciones humanas asentadas en los alrededores por exposición a la contaminación y por cambios en los hábitos de relacionamiento social y cultural. Esta es una propuesta dirigida hacia la construcción de la ruta metodológica para elaborar indicadores ambientales, buscando realizar mejores monitoreos a la calidad ambiental en zonas portuarias, que además, apoye la gestión de la autoridad ambiental en la toma de decisiones. La investigación se ha basado en la realidad actual del monitoreo portuario en Colombia, replicable a cualquier otro país para proponer nuevos indicadores de medición, basados en el contexto socio-ambiental que los rodea, en los diferentes componentes: físico, biótico y social, de cara hacia el uso y aprovechamiento de los recursos naturales y del desarrollo sostenible.

**Palabras clave:** Puertos, monitoreo, indicadores, plan de manejo ambiental, impactos ambientales.

## Abstract

Port activity generates a negative impact on the environment that degrades the environmental quality in the nearby areas, leading to deterioration in the quality of life of the human populations that live in close proximity, exposing them to pollution and changes in patterns of social and cultural relationships. This proposal is aimed to building a methodological route to develop environmental indicators, seeking to improve environmental quality monitoring in port areas, which also supports the decision-making processes of the environmental authority. The research is based on the current situation

in Colombia port monitoring, replicable in any other country to propose new measurement indicators, based on the social and environmental context that surrounds them, in the different components: physical, biotic and social and on the use and exploitation of natural resources and sustainable development.

**Keywords: Ports, monitoring, indicators, environmental management plan, environmental impacts.**

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen</b> .....	<b>IX</b>
<b>Lista de figuras</b> .....	<b>XIII</b>
<b>Lista de tablas</b> .....	<b>XIV</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Antecedentes</b> .....	<b>3</b>
1.1 Planteamiento del problema .....	4
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 General .....	4
1.2.2 Objetivos específicos .....	5
<b>2. Marco teórico referencial</b> .....	<b>7</b>
2.1 Concepto sobre indicador ambiental.....	8
2.1.1 Criterios que debe cumplir un buen indicador .....	10
2.1.2 Modelos de indicadores existentes.....	11
2.2 Algunas metodologías utilizadas en la construcción de indicadores .....	16
<b>3. Metodología para la propuesta de indicadores en puertos</b> .....	<b>19</b>
3.1 Diagnóstico del monitoreo socio-ambiental.....	20
3.2 Evaluación ambiental.....	22
3.2.1 Evaluación del riesgo: amenaza y vulnerabilidad .....	23
3.2.2 Cálculo del riesgo.....	29
3.2.3 Valoración de impacto ambiental .....	32
3.3 Definición de indicadores para el monitoreo .....	32
<b>4. Estudio de caso</b> .....	<b>37</b>
4.1 Diagnóstico.....	37
4.2 Evaluación ambiental.....	41
4.2.1 Amenazas, vulnerabilidad y riesgo .....	45
4.2.2 Valoración de impacto ambiental .....	55
4.3 Definición de indicadores para el monitoreo .....	67
4.3.1 Indicadores para las operaciones portuarias .....	67
4.3.2 Indicadores para la calidad de aguas, sedimentos y suelos .....	69
<b>5. Discusión</b> .....	<b>90</b>
<b>6. Conclusiones</b> .....	<b>93</b>

**Bibliografía .....97**

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 2-1: Esquema del modelo Presión – Estado – Respuesta .....	11
Figura 2-2: Modelo FPEIR.....	12
Figura 3-1: Modelo metodológico .....	20
Figura 3-2: Ficha metodológica para el monitoreo y seguimiento por indicador.....	35
Figura 4-1: Ubicación geográfica de la zona portuaria de Santa Marta.....	38
Figura 4-2 : Ubicación geográfica de la zona portuaria de Santa Marta.....	38
Figura 4-3: Principales operaciones portuarias.....	42
Figura 4-4: Calificación de las amenazas (probabilidad, intensidad y duración) con posibilidad de ocurrencia en la zona portuaria de Santa Marta.....	47
Figura 4-5: Evaluación de la vulnerabilidad .....	50
Figura 4-6: Evaluación del riesgo ambiental en American Port Company Inc. ....	51
Figura 4-7: Evaluación del riesgo ambiental en C.I. Prodeco S.A.....	52
Figura 4-8: Evaluación del riesgo ambiental en la Sociedad Portuaria del Río Córdoba .	53
Figura 4-9: Evaluación del riesgo ambiental en la Sociedad Portuaria de Santa Marta ..	54
Figura 4-10: Matriz de calificación de impactos ambientales para los puertos monoproósito.....	57
Figura 4-11: Matriz de calificación de impactos ambientales para el puerto multipropósito .....	62
Figura 4-12: Ficha metodológica para el monitoreo de la actividad portuaria .....	82

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 3-1: Puertos y su ubicación geográfica.....	19
Tabla 3-2: Calificación para jerarquización de los parámetros P, I, D.....	25
Tabla 3-3: Calificación para jerarquización de amenazas .....	25
Tabla 3-4: Amenazas naturales en puertos.....	26
Tabla 3-5: Amenazas de la actividad portuaria sobre los ecosistemas (tomado de Darbra, 2004) .....	28
Tabla 3-6: Calificación para las categorías de vulnerabilidad .....	29
Tabla 3-7: Escala de valores y calificación del riesgo.....	30
Tabla 3-8: Descripción de los niveles de riesgo .....	30
Tabla 3-9: Ruta metodológica para evaluar el riesgo .....	31
Tabla 4-1: Puertos de la Zona Portuaria de Santa Marta .....	37
Tabla 4-2: Vocación de los puertos analizados .....	43
Tabla 4-3: Identificación de impactos ambientales .....	44
Tabla 4-4: Indicadores propuestos .....	68
Tabla 4-5: Parámetros para la calidad de agua marina .....	70
Tabla 4-6: Parámetros para la calidad de sedimentos.....	72
Tabla 4-7: Indicadores propuestos para la calidad de suelos .....	73
Tabla 4-8: Indicadores propuestos para la calidad del aire .....	76
Tabla 4-9: Bioindicadores propuestos para diferentes condiciones ambientales en puertos (Tomado de Polanía, 2010).....	77
Tabla 4-10: Factores desencadenantes de vulnerabilidad social .....	79
Tabla 4-11: Indicadores sociales del sistema de monitoreo ambiental propuesto para los puertos colombianos (Tomado de Montoya et al. 2010).....	80

# Introducción

Frente a las evidencias de la manifestación del fenómeno del calentamiento global, como uno de los principales efectos del cambio climático, ubica a las comunidades y las zonas urbanas costeras en una posición de riesgo, y por ende se amenaza toda actividad realizada en las costas (puertos y turismo por ejemplo). Estas zonas enfrentan las amenazas tanto directas como indirectas, que representan los impactos de los eventos extremos provocados por el cambio climático, incidiendo en la alteración de los ecosistemas y la economía global, planteando nuevos retos y mecanismos de adaptación a los efectos de este fenómeno. Las proyecciones de los impactos generados por el cambio climático sugieren nuevos problemas para el mundo y en particular para las comunidades costeras. En este sentido, las zonas costeras enfrentan las amenazas que representan los impactos de los eventos extremos, incidiendo en la economía global y los ecosistemas del ambiente (Becker et al. 2011).

Los puertos marítimos y fluviales no escapan a esta situación, por el contrario pueden ser afectados de manera desproporcionada por las manifestaciones del fenómeno, ya que se encuentran en una de las zonas más vulnerables, esta situación puede llegar a agravarse si no se realiza una adecuada gestión socio-ambiental de cara al desarrollo sostenible. Los efectos del cambio climático dependerán de la naturaleza de las amenazas, sus consecuencias obedecerán a la rapidez con que se adopten medidas para limitarlo, y de las disposiciones que se tomen para reducir la vulnerabilidad y aumentar la capacidad de recuperación de los sistemas (infraestructura, económico, social y ambiental) y de estrategias de adaptación. Los puertos ubicados en países en desarrollo tendrán una serie de opciones disponibles diferentes a las opciones que tendrá un puerto en un país desarrollado, tecnología disponible por ejemplo (Nicholls et al. 2007). La complejidad del fenómeno y los riesgos asumidos requerirán de la comunidad científica y de las autoridades portuarias, así mismo se debe tomar un papel activo para comprender mejor cuándo y cómo implementar estrategias de adaptación.

En Colombia el modelo de desarrollo económico que se está implementando, ha hecho devolver la mirada hacia las regiones costeras. Se ha decretado a través del Consejo Nacional de Política Económica y Social (Conpes 3342) los lineamientos de expansión portuaria de cara a la firma y adopción de convenios de protección ambiental (MARPOL; Ley 12 de 1981, Diversidad Biológica; Ley 165 de 1994, entre otros.) y de tratados de comercio internacional (TLC's).

En este sentido, durante el año 2004, el tráfico de mercancías por vía marítima experimentó un crecimiento cercano al 3,7% en todo el mundo en comparación con el año 2003<sup>1</sup>. En el año 2009 se movieron, en el conjunto del Sistema Portuario Colombiano, 120.942.985 toneladas. Comparando el crecimiento entre los años de 2002 y 2008 el incremento en el tráfico de mercancías por vía marítima fue de 63,7% (Supertransporte, 2010).

Así como se ha previsto este desarrollo portuario, de la misma manera se ha pensado en la necesidad de impulsar programas para el manejo integrado de las áreas marinas y costeras y el uso sostenible de sus recursos (Conpes, 3164), por lo que se advierte de la necesidad de introducir los principios del desarrollo sostenible dentro de la planificación, construcción y explotación de las zonas marítimas, costeras y fluviales colombianas. Como es conocido, esta actividad genera residuos que producen cambios o alteraciones que se traducen en impactos negativos que ponen en riesgo la funcionalidad de los ecosistemas en las áreas de influencia. Identificar esos elementos susceptibles de recibir impactos por la operación de los puertos, de las acciones que los pueden causar y los riesgos ambientales asociados, es una necesidad, ya que en la medida en que se conozcan, podrán evitarse o mitigarse. De otro lado, mediante el impulso y la constitución de este criterio y llevándolo a la práctica, se tendrá una opción de minimizar los desequilibrios ecológicos y sociales, del recurso biológico y de los asentamientos humanos, por consiguiente la actividad económica podrá ser sostenible en el tiempo.

Se pretendió con este proyecto elaborar una herramienta metodológica en función de la construcción de un sistema de indicadores para los componentes físico, biótico y social, vistos integralmente, teniendo en cuenta el contexto portuario colombiano, que permita evaluar y por lo tanto monitorear, los efectos generados al ambiente por la operación de los mismos en toda la zona de influencia. Este trabajo se desarrolló teniendo en cuenta el contexto socio-ambiental de 9 puertos en Colombia, partiendo de las operaciones de la actividad portuaria para realizar la evaluación ambiental, integrando la evaluación del riesgo ambiental, basados en las amenazas a los que estos están expuestos en las dos costas donde se ubican los puertos. Esto permitió desarrollar una metodología basada en tres pasos fundamentales: diagnóstico del monitoreo, evaluación ambiental y de riesgos, para llegar hasta la definición de indicadores.

---

<sup>1</sup> Documento Conpes 3342; Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo – UNCTAD.

<sup>2</sup> OMC. Informe sobre el comercio mundial 2009. Compromisos de política comercial y medidas de contingencia.

<sup>3</sup> UNCTAD. Forum de comercio internacional. No. 2 / 2009.



# 1. Antecedentes

Los indicadores tienen el potencial de convertirse en herramientas importantes para la comunicación de información científica y técnica. También pueden facilitar la difusión de esa información a diferentes grupos de usuarios y a la sociedad en conjunto, lo que ayuda a transformar la información en acción. En Colombia se han venido desarrollando y avanzando en metodologías de construcción de indicadores ambientales que evalúan, de manera sectorial, el estado de los recursos naturales, principalmente sistemas de indicadores construidos para el seguimiento al uso y aprovechamiento de los recursos naturales del país, indicadores de carácter urbano y municipal, así como indicadores para la evaluación de la gestión de las autoridades ambientales.

En el caso de sistemas de indicadores ambientales para seguimiento y monitoreo de la sostenibilidad de algún sector industrial específico de la economía colombiana, es más restringido, las autoridades ambientales caso de las Corporaciones Autónomas Regionales (CARs), elaboran los indicadores más para su gestión general en el área ambiental de su jurisdicción pero no en función del desarrollo de una actividad económica que implique el uso de los recursos, es así que hacen seguimiento de cumplimiento ambiental para el cumplimiento de la normatividad, velan por que se cumpla con los límites de permisibilidad en emisiones, vertimientos, entre otros.

Motivados por la creciente conciencia e interés ambiental nacional y mundial sobre la protección de los recursos naturales, esta propuesta de gestión está dirigida hacia la construcción de una ruta metodológica que permita elaborar un sistema de indicadores integrados que contribuya a la solución y toma de decisiones de la problemática ambiental generada por las operaciones portuarias en las costas colombianas, apuntando de esta manera hacia la sostenibilidad ambiental y económica de la actividad. La implementación de sistemas de indicadores permite realizar una evaluación del estado de las condiciones ambientales, estas evaluaciones deberán ser canalizadas y analizadas por el estado como ente regulador del desempeño ambiental empresarial.

El plan de monitoreo que se propone es un esfuerzo por adecuar y afinar variables e indicadores que han sido validados en legislaciones nacionales e internacionales. Mediante la implementación de herramientas como esta y de acuerdos voluntarios de cara a la realidad social, económica y ambiental del entorno portuario y del contexto de la nación, se puede lograr una adecuada gestión del ambiente para un certero crecimiento económico y un gran salto hacia la sostenibilidad ambiental. Cabe resaltar que para la construcción e implementación siempre se requerirá de un exigente y profundo conocimiento de las dinámicas ecosistémicas del ambiente marino y costero.

## 1.1 Planteamiento del problema

Uno de los principales desafíos de este desarrollo sostenible es lograr cambiar la gestión ambiental de paliativa a preventiva, reduciendo y corrigiendo los problemas de la contaminación sobre la marcha, pero a la vez intentando anticiparnos a ellos, recomendando medidas atenuantes y consolidando la aplicación de alternativas de acciones preventivas, después de una adecuada evaluación de escenarios contaminantes estimados, previendo además, las posibles interacciones de efectos generados sobre los recursos naturales. Evaluando las ventajas y desventajas de un acertado manejo de la contaminación en el corto, mediano y largo plazo, se puede evidenciar los beneficios que se obtienen con la implementación de una adecuada gestión ambiental (Wathern, 1988).

Anteriormente la gestión ambiental se desarrollaba de manera independiente para cada uno de los componentes del medio ambiente, sin tener en cuenta las relaciones que existen entre ellos, se suponía entonces que el medio ambiente era infinito desde el punto de vista de lo inagotable de los recursos naturales, y además capaz de asimilar todos los desechos generados por el hombre en sus actividades cotidianas, conduciendo a unas medidas de manejo desarticuladas entre sí (Ángel et. al., 2003). El monitoreo ambiental aplicado en el contexto portuario colombiano presenta falencias, una de estas consiste en que sólo se tienen indicadores en los planes de manejo, que toman datos puntuales sin permitir un análisis integral de las interacciones que pueden generar los impactos en cada una de las dimensiones ambientales, sin tener en cuenta que estas interacciones pueden llegar a transformar el ecosistema y por lo tanto generar insostenibilidad del ambiente.

De acuerdo a lo anterior, nos cuestionamos acerca de *¿Cómo elaborar una herramienta metodológica que logre integrar los diferentes componentes ambientales (físico, biótico, social) en los planes de monitoreo de los puertos por medio de un sistema de indicadores?* que permita evaluar los impactos en los diferentes componentes (físico, biótico y social) y sus interacciones, además que facilite el seguimiento a la evolución del uso y aprovechamiento de los recursos naturales por la operación de los mismos en toda la zona de influencia. En este sentido, y con el fin de realizar una mejor gestión en los puertos, el desarrollo de la actividad portuaria en el país debe proponer una evaluación integrada de la sostenibilidad ambiental, en la búsqueda de mejoras en el desempeño institucional, y el estado debe dotarse de las herramientas e instrumentos necesarios que le permitan realizar una evaluación con mayor transparencia y objetividad para la toma de decisiones.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 General

Diseñar una metodología para la construcción de un sistema de indicadores para el seguimiento ambiental en zonas portuarias.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Describir las actividades que generan impactos ambientales relacionados con la operación de puertos.
  
- Establecer variables ambientales relacionadas con los impactos de la actividad portuaria.
  
- Identificar metodologías para la construcción de indicadores.
  
- Desarrollar la metodología para elaborar el sistema de indicadores de desempeño ambiental para el monitoreo de la actividad portuaria.
  
- Emplear la metodología propuesta en un estudio de caso.



## 2. Marco teórico referencial

Los tratados de libre mercado promovidos por la globalización del comercio mundial, han originado un fuerte incremento del intercambio de productos, bienes y servicios entre países, aunque cabe resaltar que en los últimos años las economías han sido golpeadas por la crisis financiera que ha provocado una desaceleración del comercio mundial. Los datos de la producción mundial se situaron en el 3,5% en 2007 y descendieron hasta un 1,7% en 2008, un crecimiento inferior al promedio decenal de 2,9%<sup>2</sup>. En este contexto los puertos representan el espacio clave del eslabón de intercambio comercial, dentro del cual juegan un rol muy importante en la cadena del transporte marítimo, fluvial y terrestre, tanto al exterior como al interior de los países en el desarrollo de sus economías, a esto podemos agregar que aproximadamente un 77% del volumen de mercancías que se transportan en el mundo transitan por los puertos<sup>3</sup>. Como resultado de este crecimiento experimentado en los puertos, surge el interrogante sobre el impacto que esto tendrá sobre las zonas costeras. En efecto, toda actividad humana tiene un impacto sobre el entorno en el cual se desarrolla. En el caso de los terminales portuarios, estos efectos se expresan no sólo durante su establecimiento y construcción, sino también durante sus operaciones. Esto es más relevante aún si se considera que en la mayoría de los casos los puertos están estrechamente asociados a grandes desarrollos urbanos, lo cual implica tener que enfrentar el tema de usos compartidos de un mismo recurso, como lo es la zona costera<sup>4</sup>.

Según Martner (1999), los puertos se han caracterizado por ser lugares claves de intercambio de mercancías y, a la vez, lugares de vínculo entre culturas y personas. El puerto es frontera geográfica, tecnológica y cultural, por eso es un punto de ruptura, pero, a la vez, es lugar de encuentro, es intersección de rutas comerciales y zona de confluencia de ideas, valores y tecnologías de origen diverso. Es así como el dinámico crecimiento de los mercados realza la importancia de los puertos como motores del desarrollo de las economías locales. En el contexto de la emisión de contaminantes, aún a pesar de que el transporte marítimo está considerado desde el punto de vista de la eficiencia energética como el más amigable con el ambiente (Crespo, et al. 2005), por lo tanto menos contaminante, comparado con los otros medios de transporte (aéreo, terrestre), por los grandes volúmenes de carga y distancias recorridas, que le da mayores rendimientos en el consumo de combustible por kilómetro recorrido con carga transportada. Se reconoce que no es el transporte sino lo que sucede en la porción

---

<sup>2</sup> OMC. Informe sobre el comercio mundial 2009. Compromisos de política comercial y medidas de contingencia.

<sup>3</sup> UNCTAD. Forum de comercio internacional. No. 2 / 2009.

<sup>4</sup> Comisión Nacional del Medio Ambiente, Chile 2010.

terrestre, en las costas que son los puntos de ubicación de las infraestructuras y las operaciones portuarias (espacio muy comúnmente compartido con centros poblados), las que modifican o alteran las condiciones naturales de los recursos y las dinámicas sociales en las áreas de influencia, lo que se convierte en una gran preocupación por la aparición de inusitados impactos ambientales con efectos adversos, sobre todo en países con una importante diversidad biológica, cuando no se está provisto de las herramientas para prevenir o manejar las contingencias presentadas.

La mezcla de desarrollo económico y crecimiento poblacional en las zonas costeras está desequilibrando los ecosistemas e impactándolos negativamente. Garay et al. (2004), menciona que las descargas municipales, industriales, agrícolas y los vertimientos de residuos oleosos de la actividad marítima y portuaria, así como la actividad petrolera, son las principales fuentes de contaminación y deterioro de las aguas de la cuenca del Caribe, ocasionando la presencia de tóxicos orgánicos, metales pesados, sólidos suspendidos, microorganismos patógenos y nutrientes a los ambientes marino-costeros, los cuales afectan el bienestar de los ecosistemas y la calidad de vida de los grupos humanos presentes en la región.

En Colombia, dadas las políticas de expansión portuaria (Conpes 3611), se han generado cuestionamientos críticos de la sostenibilidad futura de los ecosistemas marino-costeros, debido, en buena medida, a la regular gestión ambiental en la operación de los puertos por las contingencias presentadas y a la no planificación del crecimiento poblacional en zonas costeras, razón por la cual se debe contar con herramientas útiles para realizar los seguimientos pertinentes a los impactos generados por la actividad, y entregar a la autoridad ambiental instrumentos para la toma de decisiones y la adopción de medidas oportunas.

Buscando ser consecuentes con la política de desarrollo y expansión portuaria, y en el marco del manejo integrado de las áreas marinas y costeras (Conpes 3164), se deben desarrollar acciones planificadas tendientes a la protección de los recursos naturales, que garanticen la permanencia, estructura y funcionalidad de los ecosistemas. Alonso et al., (2003) mencionan que, para que la zona costera, recurso natural único, frágil y limitado del país, conserve sus funciones naturales y su productividad, es necesario mejorar considerablemente su planificación y administración.

Con el fin de entender como se desarrolla este trabajo, es necesario aclarar y definir los diferentes conceptos que existen sobre indicadores, sistemas de indicadores y sostenibilidad. La integración de estos dentro de los sistemas de gestión ambiental, conceptos utilizados frecuentemente aquí, que se describen a continuación.

## **2.1 Concepto sobre indicador ambiental**

En la medida de la aparición de los problemas ambientales, y la creciente preocupación del hombre por medir y valorar los daños causados al ambiente con el fin de establecer las medidas correctoras, se viene hablando de indicadores. En este sentido la Comisión

de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en la Agenda 21, capítulo 40, señala la necesidad de crear indicadores de desarrollo sostenible (CNU-MAD, 1993).

Si indagamos sobre los diferentes conceptos existentes acerca de la definición de indicadores desde su aparición, nos podemos encontrar con muchos, pero la definición más divulgada, aceptada y desarrollada a nivel internacional, ha sido la que propuso la Organización de Cooperación para el Desarrollo Económico (OECD, siglas en inglés) en 1993.

Esta organización internacional considera que un indicador es un parámetro, o valor resultante de otros parámetros, dirigido a proveer información y describir el estado de un fenómeno con un significado más amplio que el directamente asociado a la configuración del parámetro.

Los indicadores surgen principalmente para apoyar una adecuada gestión ambiental y en principios estaba más sesgado a suministrar información específicamente ambiental, hoy en día se ha llegado a la construcción de indicadores ambientales que consideran las relaciones que existen entre el medio natural y el medio humano (BID, 2003).

Siguiendo los mismos lineamientos, el Ministerio de Medio Ambiente de España para el año de 1996, basado en la definición de la OECD plantea que “Un indicador ambiental es una variable que ha sido socialmente dotada de un significado añadido al derivado de su propia configuración científica, con el fin de reflejar de forma sintética una preocupación social con respecto al medio ambiente e insertarla coherentemente en el proceso de toma de decisiones”.

De otro lado, para García (2005), los indicadores son elementos básicos para el manejo de la visión ambiental dentro de las empresas y necesarios para el logro de los compromisos de desarrollo sostenible.

Además de las características que se han presentado, el uso de indicadores debe servir de base o instrumento para la adopción de una política ambiental, enmarcada dentro de un régimen regulatorio, con el fin de evitar o tomar medidas encaminadas a reducir el deterioro ambiental debido al uso de los recursos naturales, generados por el desarrollo en diferentes sectores de la economía nacional y mundial.

Así, la creciente demanda de información ambiental, útil en espacio y tiempo para prever situaciones y por tanto capaz de servir a un proceso político preventivo justifica que, a pesar de tener que seguir agudizando esfuerzos en la obtención de información de base, sea preciso avanzar con carácter prioritario en el desarrollo de indicadores y sistemas de indicadores, y que estos además deben responder a un esquema común y por tanto comparable a nivel regional, nacional e internacional (Manteiga, 2000).

La OECD para el año 2003(a) así como redefinió el concepto de indicador ambiental, también lo hizo para el concepto de índice y parámetro; con el fin de evitar ambigüedades, se detallan a continuación:

**Índice:** Conjunto de parámetros o de indicadores agregados o ponderados, describiendo una situación.

**Parámetro:** Propiedad que es medida u observada.

### **2.1.1 Criterios que debe cumplir un buen indicador**

Además de que es necesario que los indicadores sean sencillos, tengan validez, de fácil interpretación, entre otros, deben de cumplir con tres criterios básicos para su selección según la OECD, 2003(b).

a. Pertinencia política y utilidad para los usuarios:

- Proveer una imagen representativa de las condiciones ambientales, de presiones sobre el ambiente o respuestas de la sociedad.
- Ser simple, fácil de interpretar y permitir mostrar las tendencias en el tiempo.
- Ser sensibles a cambios en el ambiente relacionados con actividades humanas.
- Servir como referencia para comparaciones internacionales.
- Ser del alcance nacional o aplicable hacia aspectos ambientales regionales de interés nacional.
- Tener un umbral o valor de referencia contra el cual puede ser comparado, de manera que los usuarios puedan valorar el significado de los valores asociados con él.

b. Solidez analítica:

- Estar bien fundamentado desde el punto de vista técnico y científico.
- Estar basado sobre estándares internacionales.
- Ser versátil y poderse asociar con modelos económicos o sistemas de información y de predicción.

c. Cuantificable en cuanto a datos requeridos:

- Estar disponibles en la actualidad o poderse obtener con una relación costo beneficio razonable.
- Estar acompañados de documentación adecuada e informar sobre su validez o representatividad.
- Ser actualizados en intervalos regulares conforme a procedimientos conocidos.



Además, según Aguirre (2002) deben:

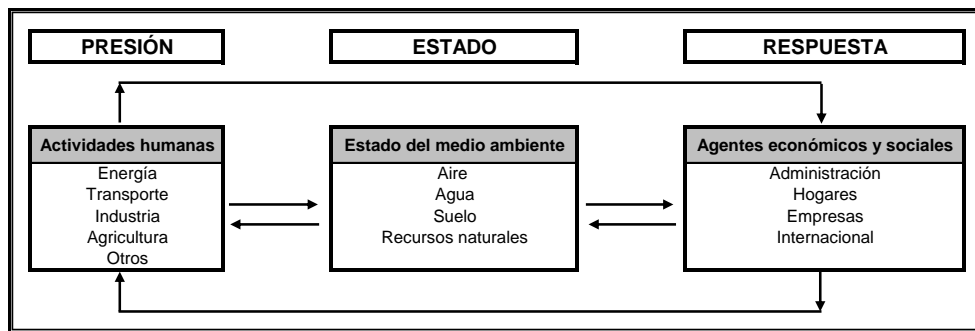
- Proveer información sobre los problemas ambientales.
- Servir de soporte para el desarrollo de políticas y el establecimiento de prioridades, identificando los factores claves de presión sobre el ambiente.
- Contribuir al seguimiento de las políticas de respuesta y especialmente sobre las de integración.
- Ser una herramienta para la difusión de información en todos los niveles, tanto para responsables políticos, expertos o científicos y público en general.

Los criterios de selección de indicadores pueden variar de acuerdo a la necesidad y a los intereses de cada particular, lo más indicado en el proceso de selección o de construcción de indicadores es identificar qué medir y para qué, así como conocer de antemano los problemas ambientales que se desean manejar. No basta con seleccionar indicadores acordes con los problemas que deseo manejar, es necesario de antemano realizar estudios base de caracterización ambiental que incluya la modelación y la simulación de las condiciones oceánicas y climatológicas (en el mejor de los casos modelación acoplada) que permita conocer esta dinámica natural en la zona, con el fin de acertar con los puntos de muestreo. Esto también permitirá planificar las acciones de mitigación, los planes de contingencia cuando se dispersen contaminantes en el agua o en el aire, y contribuye también a un mejor análisis de los impactos de acuerdo a la forma como son receptados por asentamientos humanos o comunidades biológicas.

### 2.1.2 Modelos de indicadores existentes

En cuanto a la utilización de modelos o más bien de clasificación de los indicadores, encontramos que la misma OECD para finales de los años noventa propuso el modelo de Presión – Estado – Respuesta (Modelo PER), cabe aclarar que no es el único modelo construido pero si el más ampliamente difundido y trabajado. El modelo PER se basa en una cadena de causalidades donde se entiende que las actividades humanas originan presiones sobre el medio ambiente (indicadores de presión) que modifican la calidad y la cantidad de los recursos naturales (indicadores de estado), en virtud de lo cual se produce una respuesta que tiende a modular la presión (indicadores de respuesta). Este modelo se muestra en la Figura 2-1.

**Figura 2-1:** Esquema del modelo Presión – Estado – Respuesta



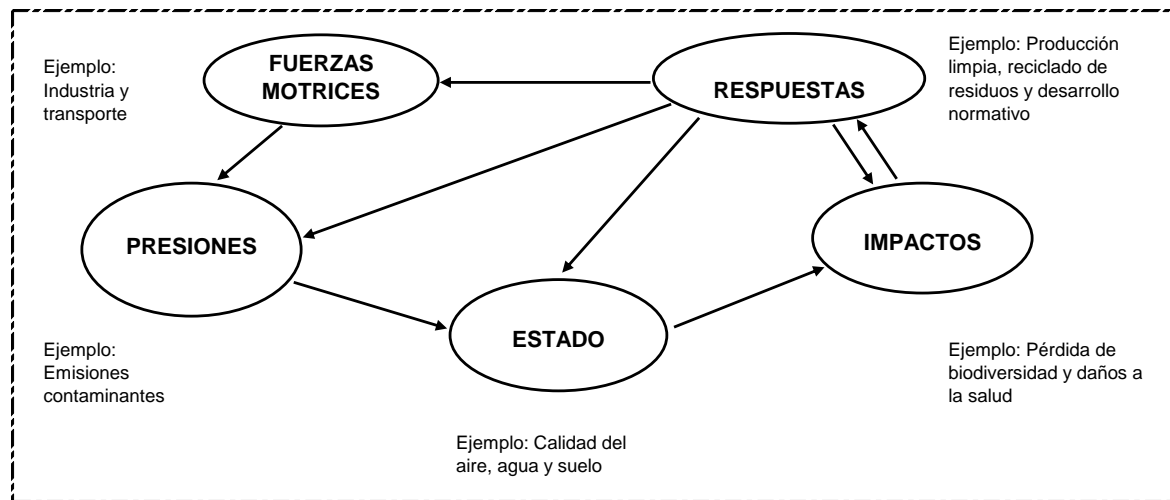
Fuente: OECD, 1993. Tomado de Manteiga 2000.

Como se mencionó anteriormente, este no es el único modelo que existe, por lo que a manera de ilustración se presenta el siguiente modelo desarrollado por la Agencia Europea de Medio Ambiente, que también ha tenido amplia divulgación, se trata del modelo FPEIR (Fuerzas Motrices – Presión – Estado – Impacto – Respuesta).

El modelo se fundamenta en una evolución secuencial en la que el desarrollo social y económico origina presiones en el medio, que dan lugar a una serie de cambios en el estado del medio ambiente. Consecuencia de estos cambios es la aparición de impactos sobre la salud, la disponibilidad de recursos, los ecosistemas naturales, entre otros. Motivado por esto, se producen un aserie de respuestas por parte de los agentes sociales y los poderes públicos destinadas a mejorar la gestión económica y social, a eliminar o reducir esas presiones, a restaurar y recuperar el estado del medio y las alteraciones derivadas de los impactos, (Aguirre, 2002). Ver la ilustración en la Figura 2-2.

Además de estos modelos se pueden encontrar otros. La metodología desarrollada para la construcción de indicadores que se propone en esta investigación, sugiere adoptar cualquier modelo de acuerdo a sus intereses y requerimientos, lo importante es que esto permite priorizar acciones de intervención y control.

**Figura 2-2:** Modelo FPEIR



Fuente: Tomado de Aguirre 2002.

De otro lado la legislación colombiana ha creado instrumentos como la resolución 0643 de 2004 por medio del cual se establecen los indicadores mínimos de que trata el artículo 11 del decreto 1200 de 2004. En el artículo 2º describe los indicadores mínimos que son de tres tipos:

**a. Indicadores de desarrollo sostenible:** buscan medir el impacto de la gestión ambiental orientada hacia el desarrollo sostenible, en términos de consolidar las acciones orientadas a la conservación del patrimonio natural, disminuir el riesgo de

desabastecimiento de agua; racionalizar y optimizar el consumo de recursos naturales renovables, generar empleos e ingresos por el uso sostenible de la biodiversidad y sistemas de producción sostenibles, reducir los efectos en la salud asociados a problemas ambientales y disminuir la población en riesgo asociada a fenómenos naturales.

**b. Indicadores ambientales:** orientados a monitorear los cambios en la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables y el medio ambiente, y la presión que se ejerce sobre ellos como resultado de su uso y aprovechamiento.

**c. Indicadores de gestión:** buscan medir el desarrollo de las acciones previstas por las Corporaciones, en el manejo y administración de los recursos naturales renovables y el medio ambiente en sus Planes de Gestión Ambiental Regional, PGAR y planes de acción trienal PAT.

Por otro lado, en Colombia, partiendo de la identificación de su riqueza en biodiversidad se lanza la “Estrategia de sostenibilidad ambiental (Conpes 3343)”, que comprende cinco programas principales: a) la conservación y uso sostenible de bienes y servicios ambientales; b) el manejo integral del agua; c) la generación de ingresos y "empleo verde"; d) la sostenibilidad ambiental de la producción nacional; y e) la planificación y administración eficiente por parte de las autoridades ambientales. En este sentido, es importante generar herramientas que permitan colaborar para cumplir con estas estrategias, a través de toma de datos o información que puede suministrar un buen sistema de indicadores ambientales establecido de manera responsable y coherente.

### **Concepto de sostenibilidad**

No se pretende ahondar mucho sobre los diferentes conceptos de sostenibilidad, lo que se busca es comprender la relación del desarrollo sostenible con las actividades humanas de cara al crecimiento económico jalonado entre otras por la globalización que ha implicado un rápido y creciente desarrollo portuario mundial.

Es evidente que las actividades humanas han ocasionado impactos ambientales a nivel no sólo local sino mundial, afectando la sostenibilidad, poniendo en riesgo la vida de las generaciones futuras de las distintas especies animales. Brundtland (1987), define el desarrollo sostenible como “aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones”. A partir de esta definición se han derivado diferentes conceptos que han sido adaptadas a las pretensiones de quienes las elaboran.

Para plantear un adecuado análisis de la sostenibilidad, Brindsmead (Crespo et al. 2005), plantea un marco metodológico para la evaluación integrada de la sostenibilidad en el que distingue las siguientes funciones de integración:

- Integración descriptiva: comprende la comprensión y descripción integrada del sistema en estudio, y de los componentes y procesos que lo estructuran. Incluye la

descripción de las relaciones causa-efecto, la modelación o la representación prospectiva de la evolución del sistema.

- Integración evaluativa: comprende la selección de los criterios de evaluación y la integración de los mismos en relación a los objetivos de gestión.
- Integración estratégica: comprende la integración de las diferentes potenciales acciones de respuesta frente a las posibles desviaciones del sistema de los criterios de sostenibilidad establecidos, en estrategias integradas que se constituyan en alternativas de gestión del sistema descrito. Esta integración debe potenciar que se plasmen las sinergias positivas entre las diferentes acciones propuestas.
- Integración social: comprende la integración del proceso de evaluación en sí mismo dentro del contexto social, político e institucional, integrando las visiones y objetivos de todos los agentes implicados desde los inicios del proceso.

Por otro lado, la evaluación de la sostenibilidad debe tener como objetivo proporcionar información relevante y sólida para la toma de decisiones. Por tanto debe considerar la integración de los criterios y elementos que definen el marco de evaluación de forma coherente con el marco de planificación y con el contexto social del sistema que es objeto de evaluación (Manteiga, 2000). Es por eso que se necesitan herramientas más útiles para realizar un adecuado seguimiento y monitoreo de la actividad portuaria, es en este sentido que se deben concentrar todos los esfuerzos para realizar análisis holísticos de las condiciones ambientales, que involucren estudios en todos los componentes susceptibles de recibir impactos, con miras hacia la sostenibilidad ambiental.

### **Sistemas de gestión ambiental**

Gestión es el conjunto de decisiones, diligencias y actuaciones que conducen al manejo o administración de recursos naturales, al desarrollo económico y a la ejecución de planes (Barragán, 1997).

La gestión ambiental debe asumirse como sinónimo de intervención planificada del gobierno, los empresarios, la sociedad civil, los gestores o ambientalistas, los profesionales comprometidos con el ambiente, en aras de la resolución de un conflicto ambiental generado por el hombre y frente al cual se deben disponer de una serie de recursos y actividades (Gutiérrez y Muriel, 2004), con el fin de solucionarlo o adoptar medidas concertadas.

De otro lado, la gestión ambiental debe tener dos características que son fundamentales para obtener los resultados deseados: la participación y la planificación. Según Correa (1999), la participación hace referencia a la inclusión de todos los actores en el proceso y la planificación surge como un proceso sistemático y consciente en el cual se determinan objetivos y política, se formulan y ejecutan planes, se organizan las estructuras necesarias para su desarrollo y se controlan las actividades.

Además, la gestión ambiental elaborada para un proyecto que interviene un territorio, involucra la realización de actividades de identificación de impactos, planeación, ejecución y control que se articulan dentro de un sistema de gestión ambiental, para esto se realizan las evaluaciones de impacto ambiental (EIA) que deben conducir a la elaboración o el establecimiento de un plan de manejo ambiental (PMA) con el fin de gestionar adecuadamente los impactos identificados en la evaluación.

Mediante este tipo de gestión se puede construir una línea base y establecer relaciones entre lo ambiental, lo social y lo institucional alrededor de la actividad económica de los puertos. Para Urzelai et al., (2006), la caracterización del sistema ecológico-ambiental, económico, social e institucional que es objeto de gestión, constituye un paso clave en el conocimiento de la red de relaciones que subyace al funcionamiento del sistema y de las interacciones responsables de potenciales sinergias.

Sistema de indicadores ambientales. Es necesario hacer claridad en la diferenciación que existe entre un indicador (definido anteriormente) y un sistema de indicadores. Un sistema de indicadores ambientales debe ofrecer un significado más amplio que el asociado a cada uno de los indicadores (Manteiga, 2000). Para Polanco (2007), los sistemas de indicadores más bien describen tendencias y condiciones mayores y son cercanos al concepto de reporte del “estado del ambiente”.

Uno de los métodos que en la actualidad ha tomado mucha relevancia y que permitiría estandarizar la evaluación del seguimiento y monitoreo, es la utilización de indicadores para medir la calidad del desempeño ambiental. Pretender elaborar un sistema de indicadores que ayude en la evaluación y seguimiento del grado de afectación que han recibido los recursos naturales por una determinada actividad y que además ayude en la toma de decisiones, involucra entender primero la “sostenibilidad” como la preservación en el tiempo de determinadas condiciones (ambientales, sociales y económicas) que presentan un valor deseable en relación a un “sistema” dinámico concreto Costanza et al. (Urzelai et al., 2006).

En otro sentido, mientras los indicadores se proponen para la medición de parámetros puntuales, caso de mediciones de calidad de aguas y aire entre otras, comparados contra unos rangos de permisibilidad que establece la legislación, el sistema de indicadores propone un conjunto de mediciones integrados que permite realizar análisis más amplios, lo define el Ministerio del Medio Ambiente de España 1996 (Crespo et al., 2005), que “si cada indicador ambiental está referido a un problema ambiental específico por ejemplo, la destrucción de capa de ozono, el sistema de indicadores responde a un interés social genérico y de totalidad”. De otro lado, Guhl (1998), considera que los sistemas de indicadores se han dirigido principalmente hacia la consecución de 3 objetivos:

- a. Proteger la salud humana y el bienestar de la población.
- b. Garantizar el aprovechamiento de los recursos.
- c. Conservar la integridad de los ecosistemas.

Por consiguiente, la evaluación de la actividad portuaria en Colombia requiere de indicadores que integren la sustentabilidad del sistema social y económico en sus diferentes niveles y escalas. La investigación plantea el uso del sistema de indicadores ya que estos son variables que muestran, resumen o simplifican datos, o que hacen viables o perceptibles fenómenos de interés y permiten cuantificar, cualificar, medir, comunicar de forma agregada una información relevante.

Una vez definidos los anteriores conceptos se sigue con la descripción de cada una de las etapas del modelo metodológico que se ha desarrollado.

## **2.2 Algunas metodologías utilizadas en la construcción de indicadores**

Los indicadores nacen como resultado de la creciente preocupación por los aspectos ambientales del desarrollo sostenible y el bienestar humano. Se constituyen en un medio reconocido desde hace tiempo para investigar las tendencias y minimizar los riesgos que representa el deterioro de los recursos naturales, para un país o una región, con respecto al crecimiento de la economía. Sin embargo, el carácter complejo e interdependiente de los tres pilares del desarrollo sostenible, “económico, ambiental y social”, ha planteado un gran desafío a quienes han tratado de elaborar y utilizar indicadores para medir tal desarrollo, es por eso que se ha tratado de integrar la información que proveen estos en evolucionados sistemas de indicadores ambientales.

La construcción de indicadores es abordado por diversos países como sistemas propios de acuerdo a la evaluación que se quiere adelantar en diferentes sectores de la economía, también han sido ampliamente utilizados y difundidos por organizaciones como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) pionera en su utilización; esta tiene entre sus objetivos promover el desarrollo sostenible. En este sentido propone un sistema de estadística ambiental alimentada por bases de datos que recopilan información a través de indicadores. También ha elaborado una aplicación de los sistemas de indicadores de integración sectorial para los sectores de la energía y el transporte.

Este mismo modelo de sistemas de indicadores ambientales (OCDE) también se ha desarrollado y adoptado por España, que en tiempos recientes han perfeccionado y publicado su propio sistema (Sistema Español de Indicadores Ambientales “SEIA”) a través del Ministerio de Medio Ambiente entre 1996 y 2003.

En 1991 Canadá definió un sistema de indicadores ambientales sobre el cual aún se sigue trabajando. La Agencia de Protección Ambiental de Suecia también ha propuesto en marcha un sistema de Indicadores ambientales capaz de ofrecer una visión global del estado de los ecosistemas (Knut et al. 1992). El objetivo del Sistema Noruego es proporcionar indicadores del estado del medio ambiente, es decir, de la respuesta del medio a las presiones ocasionadas por la actividad humana.

La Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE) desarrolló en el año 1985 una propuesta de indicadores y los Países Bajos presentan un sistema desde el punto de vista político. El programa SCOPE (Scientific Committee on Problems of the Environment) en colaboración con la Comisión sobre Desarrollo Sostenible del Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas, ha realizado un proyecto sobre Indicadores de Desarrollo Sostenible.

En general y como se mencionó anteriormente muchos países del mundo han adoptado su propio sistema de información ambiental o sistema nacional de indicadores, generalmente encaminados al desempeño ambiental global (indicadores del desarrollo sostenible).

En cuanto a metodologías desarrolladas para la evaluación del sector portuario encontramos a autores como Darbra et al. (2003). Estos desarrollaron una metodología basada en la norma ISO 14001, en la cual, mediante un método de autodiagnóstico donde se analizan las principales actividades portuarias que afectan al medio ambiente, se revisan los procedimientos de gestión y la forma en que la autoridad portuaria se encarga de los aspectos ambientales significativos. Es decir, se autoevalúa o monitorea la propia gestión para mejorar el medio ambiente del puerto, identificando los principales puntos de mayor fortaleza, de debilidad, de oportunidad y de amenazas relevantes en la gestión ambiental. Posterior a esto (Darbra et al. 2005), diseñaron una metodología para identificar y clasificar los aspectos ambientales significativos en los puertos, con el fin de reforzar la conciencia sobre el manejo de estos, pretendiendo priorizar el trabajo en la gestión ambiental, considerándola como base para la implementación de cualquier sistema de gestión ambiental para las comunidades portuarias. Labodova (2004) (The Institute of Environmental Engineering, VSB), desarrolla un sistema integrado de gestión mediante enfoques basados en análisis de riesgos (calidad, ambiente, salud, seguridad), buscando establecer medios más eficaces de integración de los sistemas de gestión de las empresas, aplica un sistema integrado desde el principio (evaluación del riesgo).

En la construcción de indicadores ambientales de sostenibilidad, se encontró también el caso del Ministerio de Fomento y de la oficina de Puertos del Estado (España), estos realizaron estudios que concluyeron con la elaboración de un sistema de indicadores ambientales para el sistema portuario español "INDAPORT" de los puertos industriales, en este sentido, Peris et al. (2005), establecieron las bases para la aplicación de un Sistema de Administración Ambiental (EMS: Environmental Management System), que permite realizar una eficiente gestión ambiental sostenible a través de datos e información obtenidos a partir de un sistema de indicadores. Para este propósito, realizaron análisis ambientales tendientes a identificar las principales actividades portuarias que realizan los puertos industriales en España y la relevancia de sus impactos en el ambiente.

La anterior propuesta se ha tomado como soporte y referencia metodológica de la investigación, en este sentido la propuesta elaborada por Peris et al. (2005) (Development of a system of indicator for sustainable port management), en esta se propone el diseño de un sistema de indicadores ambientales para el sistema portuario

español. Además de lo anterior, se adoptó en algunos casos el modelo propuesto por la OECD de indicadores de Presión-Estado-Respuesta (modelo PER), en componentes donde estos se pudieron adaptar, pero a la vez, se tuvo en cuenta el contexto portuario colombiano y el análisis integral de los tres componentes de estudio (físico, biótico y social).

Se necesita identificar las relaciones entre el estado del ambiente y la presión que ejercen las diferentes actividades económicas de los diversos sectores, sea por el uso de los recursos naturales o por las emisiones de residuos contaminantes al medio en sus procesos de producción, además, para iniciar con la construcción de indicadores es necesario evaluar las potencialidades y limitaciones ambientales para el desarrollo, por lo que es necesario la elaboración de un perfil sectorial. Conocidas las características sectoriales y sus tendencias, se relacionan con indicadores sobre el estado del medio ambiente en la región, los mismos que se emplean para conocer el déficit ambiental. Con esta información se pueden plantear y justificar las potencialidades y limitaciones ambientales de desarrollo sectorial en el ámbito geográfico.



### 3. Metodología para la propuesta de indicadores en puertos

Esta es una investigación básica que pretende realizar aportes a la gestión ambiental y constituirse en una herramienta para la planificación de las políticas del desarrollo portuario, con miras hacia la sostenibilidad de los recursos naturales. La metodología empleada se ha basado en una revisión de información secundaria como expedientes, documentos e informes, entre otros, de puertos o zonas portuarias en diferentes contextos ecosistémicos y sociales e información primaria recolectada.

El estudio parte del análisis de la información de expedientes, estudios, informes, y contexto de 9 puertos en Colombia que sirven de base para establecer una metodología genérica de indicadores para todos, por cada componente analizado (físico, biótico y social); pero que debe llegar a la especificidad de cada uno, de acuerdo principalmente a la vocación del mismo, al contexto socio-ambiental y a las necesidades e intereses de las autoridades y actores dentro de la zona de influencia. Los puertos son (Tabla 3-1):

**Tabla 3-1:** Puertos y su ubicación geográfica

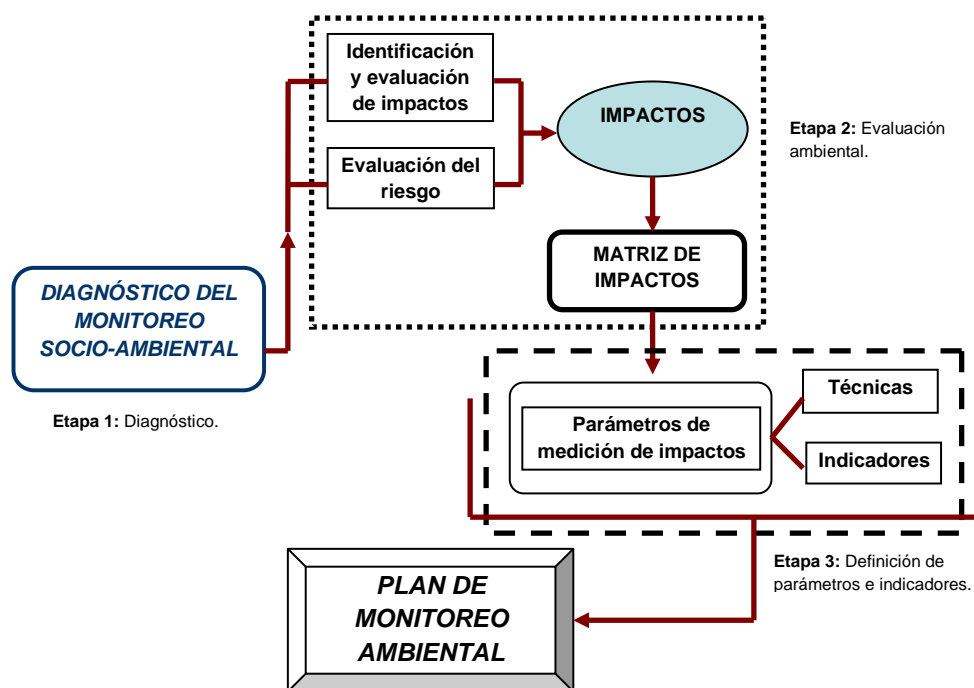
Puertos	Coordenadas	
American Port Company Inc.	11° 03' 59.21" N	74° 12' 42.25" O
Colclinker	10° 20' 08.42" N	75° 30' 29.53" O
C.I Prodeco	11° 06' 33.50" N	74° 13' 42.42" O
Puerto Bolívar.	12° 14' 39.55" N	71° 58' 05.02" O
Sociedad Portuaria Río Córdoba S.A.	11° 02' 18.73" N	74° 14' 06.53" O
Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla S.A.	10° 57' 43.26" N	74° 45' 33.28" O
Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura S.A.	3° 53' 26.21" N	77° 04' 21.78" O
Sociedad Portuaria Regional de Cartagena S.A.	10° 24' 21.48" N	75° 32' 01.61" O
Sociedad Portuaria Regional de Santa Marta S.A.	11° 14' 58.73" N	74° 12' 51.44" O

Además de la revisión de la información secundaria también se realizó una visita de campo para constatar la información revisada en cada uno de los nueve puertos.

Se procuró identificar una ruta metodológica para construir indicadores de seguimiento y desempeño ambiental. Esta permitió proponer unos indicadores y/o parámetros de medición para el monitoreo por cada dimensión con las que interactúa un puerto, apoyado en un grupo de expertos y analizado a través de un estudio de caso.

La construcción metodológica está basada en un proceso por etapas como se presenta y se describe a continuación (Figura 3-1).

**Figura 3-1:** Modelo metodológico



### 3.1 Diagnóstico del monitoreo socio-ambiental

Primera etapa de la ruta metodológica para el sistema de indicadores de puertos en operación, de los cuales se requiere mejorar la gestión ambiental. Su objetivo principal es identificar las tendencias generales en los planes de monitoreo ambiental portuario, con el fin de realizar la proyección de las necesidades del monitoreo futuro o su rediseño. Se basa en una revisión cuidadosa de información secundaria y contexto en campo, donde se identifica qué se monitorea en la actualidad. Cuando se requiere establecer un plan de monitoreo para proyectos portuarios nuevos, el diagnóstico se debe realizar con el análisis de los estudios de caracterización ambiental elaborados para el Plan de Manejo Ambiental (PMA).

Este diagnóstico apunta a describir la situación ambiental con base en los planes de monitoreo realizados en la actualidad en todos los componentes previstos (físico, biótico y social); debe servir de base para identificar aciertos, falencias, vacíos del monitoreo y análisis de la información generada por los resultados del mismo, de esta manera proyectar la mejora en la calidad de la información que se puede recopilar mediante los indicadores propuestos y medidos si es el caso, buscando mantener estándares de calidad ambiental en las zonas de influencia. Un buen plan de monitoreo ambiental debe

estar soportado por buenos estudios de caracterización de base que incluya las condiciones físicas, bióticas y sociales iniciales, además de incluir el comportamiento normal y atípico (eventos extremos) de los fenómenos naturales que se presentan en la zona a través de modelos y simulaciones con el fin de monitorear los impactos adecuadamente. El diagnóstico tendrá dos etapas principales, una de revisión de información secundaria y otra de comprobación en fase de campo (información primaria).

El diagnóstico como mínimo debe analizar el siguiente tipo de información:

- a. **Revisión de documentos de estudios base de caracterización ambiental:** en este segmento deben detectarse los vacíos de información existentes o no con respecto a algún componente, es decir, si los estudios de base sobre la caracterización para las dimensiones física, biótica y social son suficientes y corresponden a los indicadores que se monitorean en la actualidad.
- b. **Operaciones portuarias y movimientos de carga:** aquí se identifican las principales operaciones del puerto y se recopila información histórica de los movimientos de carga así como sus proyecciones.

Esta parte del diagnóstico incluye la recopilación de datos sobre las estadísticas de las operaciones portuarias, debe contener los siguientes ítems: movimientos históricos de carga y tipo de motonaves atracadas, y el contexto social de la zona donde se ubica el puerto, con el fin de conocer quiénes son los receptores de los impactos.

En el caso de la construcción de nuevos proyectos portuarios, se debe contar con estudios previos de las condiciones sociales y ecosistémicas iniciales (estudios bases de caracterización ambiental), antes de la construcción y operación del proyecto; si son zonas ya intervenidas donde se instalará el puerto, se propone extrapolar estudios de áreas adyacentes poco o no intervenidas con condiciones ecosistémicas similares, con el fin de mitigar, recuperar o restablecer en lo posible el estado inicial, a través del tiempo y de las acciones realizadas en esta dirección.

- c. **Monitoreo actual aplicado en el seguimiento ambiental:** la revisión del monitoreo y de los informes de cumplimiento ambiental busca identificar los principales y recurrentes impactos generados por la operación portuaria en cada componente, analizar datos históricos del mismo, así como la evolución del impacto ambiental comparado con las condiciones iniciales (antes del puerto). Los indicadores que se miden deben compararse con los valores límites permisibles de la normatividad nacional e internacional existente, además de revisar las técnicas y procedimientos de muestreo.

Toda la información recopilada en el diagnóstico debe verificarse en trabajo de campo, teniendo en cuenta el análisis de la información recopilada componente por componente en cada puerto (componente físico: actividades portuarias, calidad de aguas, sedimentos, suelos y aire, componente biótico y social). Además se deben identificar obras civiles, especialidad del puerto, contingencias, planes de prevención, mitigación, entre otras,

para la disminución de los riesgos y manejo de los impactos ambientales posibles o presentados.

Mediante la información analizada en esta fase se podrá hacer un estimado, de acuerdo con la identificación de los impactos más relevantes, sobre cuál es el grado de deterioro o de alteración en la que se encuentran cada uno de los componentes intervenidos. Si los resultados del monitoreo no permiten realizar este análisis es de anotar que se debe revisar donde se están presentando las falencias de la información, si es en los resultados, en la técnica de recolección de datos o muestreo, entre otras, lo importante es anotar qué se debe reforzar de este monitoreo.

### 3.2 Evaluación ambiental

Esta información es generalmente suministrada en los planes de manejo ambiental, una vez identificados se confrontan en trabajo de campo. Cabe aclarar que los puertos implementan diferentes acciones como obras civiles, o importación de maquinaria, que por ser esporádicos y en muchos casos imprevistos, generalmente no se incluyen dentro del plan de manejo, de ahí la importancia de verificar en campo toda la información. Es necesario incluir todas las actividades, aún aquellas que generan poco impacto, previendo que sus efectos acumulativos en el tiempo puedan traer problemas significativos.

La evaluación ambiental permite principalmente identificar los impactos generados por la operación del puerto y el estado de alteración en el que puede encontrar los ecosistemas, se elabora de acuerdo a las actividades que realizan, posteriormente los impactos identificados deben ser valorados cuantitativa y cualitativamente con el fin de priorizar acciones de intervención y de manejo. Para la identificación de los aspectos ambientales relevantes en la generación de impactos encontramos, la matriz de Leopold (1971), The ABP method (Associated British Port 1997), The Strathclyde University methodology (University of Strathclyde, 2000), The ECOPORT method (APV, 2001), entre otras.

La evaluación que plantea este trabajo se realiza con la siguiente información:

**a. Identificación de las principales actividades portuarias:** se deben identificar las actividades de operación y vocación del puerto, se describe los procesos naturales y sociales asociados a la actividad del mismo, se determinan cuáles son susceptibles de percibir los impactos. Esta etapa se debe apoyar en información complementaria de caracterización ambiental obtenida del diagnóstico, en documentos con la estadística de las actividades portuarias.

Algunos puertos tienen definida una vocación o se especializan en el manejo de algún tipo de carga, que es generalmente el que manejan en mayor volumen, definir la vocación es importante en la medida en que de aquí se derivan los principales impactos

generados al ambiente; una vez definido lo anterior se listan las actividades que generan los impactos ambientales, a las comunidades vecinas y zonas adyacentes al puerto.

**b. Identificación de impactos ambientales:** una vez identificadas las actividades de cada operación portuaria, se determinan los impactos ambientales que estos generan. La caracterización de los impactos se puede realizar mediante la elaboración de un diagrama de flujo, tomando actividad por actividad e identificando que entra al sistema y que sale de él. También se puede realizar de forma directa a través de un grupo de expertos quienes realizan la identificación de los impactos de acuerdo a las interacciones que se generan. En ambos casos se busca determinar los impactos asociados a cada una de las actividades portuarias y el componente impactado.

Con la identificación de los procesos y las actividades realizadas en la operación del puerto, se identifican los impactos, para esto se debe tener en cuenta cada una de las actividades desde la recepción de la materia prima o insumos, pasando por el almacenamiento temporal, hasta la exportación o importación. A través de esta identificación se pronostica los posibles efectos que cada actividad puede generar en el ambiente (calidad de aguas, sedimentos, suelos, aire, biótico y social). De acuerdo a Peris et al. (2005), los aspectos identificados se utilizan para caracterizar el impacto ambiental que sirva de base en un sistema de indicadores de gestión sostenible, esencial para: (1) analizar el impacto potencial, (2) descubrir su nivel de importancia, y (3) establecer, en su caso, la correlación entre los diferentes impactos.

La evaluación ambiental en esta propuesta metodológica debe incluir la evaluación del riesgo de los impactos ambientales, en ésta se debe recolectar información de fuentes secundarias y complementada con metodologías de identificación de amenazas naturales, de acuerdo al entorno. Debido a la complejidad de este tema, a continuación se describe una técnica para realizar la evaluación del riesgo.

### **3.2.1 Evaluación del riesgo: amenaza y vulnerabilidad**

El riesgo es el producto entre la amenaza y la vulnerabilidad. En primera instancia se realiza un listado explicativo de las amenazas asociadas con los fenómenos naturales, y por otro las amenazas de origen social. En segundo término, se evalúa la vulnerabilidad del puerto y el conjunto de elementos presentes alrededor de ellos sujetos a esta vulnerabilidad. En última instancia se evalúa el riesgo ambiental, constituido en parte por unas amenazas, relacionadas con la magnitud y frecuencia de ocurrencia de fenómenos naturales o procesos de origen antrópico potencialmente peligrosos, y por el grado de susceptibilidad o vulnerabilidad de un conjunto de elementos amenazados en cierta medida por esos fenómenos o procesos, de ahí la importancia de su evaluación<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Informe: Diseño del programa de seguimiento ambiental permanente del estado de los recursos naturales en varias áreas portuarias del país. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2009.

Amenaza, peligro o peligrosidad (Hazard, H): Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado. Puede ser natural o de origen antrópico.

Vulnerabilidad (Vulnerability, V): Es el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo, resultado de la probable ocurrencia de un suceso desastroso, expresada en una escala de 0 ó sin daños a 1 ó pérdida total.

Riesgo específico (Specific Risk, Rs): Es el grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un suceso particular y como una función de la amenaza y la vulnerabilidad.

Identificada la existencia de una amenaza, es necesario evaluar la distribución geográfica de su peligrosidad, la cual se mide como la probabilidad de que ocurra en una zona concreta un fenómeno de una determinada intensidad. Por tanto, la peligrosidad depende de tres factores intrínsecos al propio fenómeno: su probabilidad o frecuencia de ocurrencia (P), su intensidad o magnitud (I), y su duración en el tiempo y variabilidad espacial del mismo (D).

Para la calificación de las amenazas identificadas, se emplearon tres parámetros básicos tomados de la literatura especializada: probabilidad de ocurrencia, duración e intensidad. Es de anotar que, tal como se mencionó anteriormente, para este estudio las amenazas se han evaluado semi-cuantitativamente y por parte de un grupo de expertos, en otros casos se puede determinar otras metodologías de calificación, dependiendo de la información y herramientas con la que se cuente.

Probabilidad de ocurrencia (P): la probabilidad de ocurrencia se calificó bajo los siguientes criterios:

- Alta: cuando la relación puerto - ambiente determina una alta posibilidad de ocurrencia del evento.
- Media: cuando se tiene factores que no permiten establecer con seguridad que el evento se presentará.
- Baja: cuando las condiciones que se requieren para que el evento se presente son de difícil ocurrencia.

Intensidad (I): está relacionada con el deterioro causado por la ocurrencia de un evento determinado y las medidas de reparación que se deben adoptar. Se califica de la siguiente manera:

- Alta: aquella que causa daños casi irreparables al medio ambiente.
- Media: aquella que causa deterioros serios al ambiente y que precisa de medidas correctoras para su atención y recuperación.
- Baja: aquella que causa un deterioro mínimo en el ambiente y que puede ser atendido y recuperado fácilmente.

Duración (D): se refiere al periodo de tiempo en el cual se presenta el evento. Los criterios de calificación de este parámetro son:

- Larga: cuando la emergencia tiene una duración mayor a tres días.
- Mediana: cuando la emergencia tiene una duración de entre uno y tres días.
- Corta: cuando la emergencia generada por el evento contingente dura menos de 24 horas.

Para cada uno de estos tres parámetros y para cada criterio se ha asignado un peso o calificación (Tabla 3-2), de acuerdo con la siguiente escala de valores. Estos fueron establecidos con base en el conocimiento de las zonas de estudio y de los puertos de análisis, además de la experiencia del grupo de profesionales participantes en el estudio y de la literatura especializada.

**Tabla 3-2:** Calificación para jerarquización de los parámetros P, I, D

Calificación del parámetro	Valor
Bajo – Corta	2
Media	3
Alta – Larga	4

La calificación entonces de la amenaza estará dada por el producto de los valores asignados a cada parámetro básico.

$$\text{Amenaza} = (P) (I) (D)$$

En la Tabla 3-3 se detalla cómo se realiza la calificación de la amenaza. Obtenida la amenaza se jerarquiza y se incluye dentro de una categoría, de acuerdo con la siguiente escala de valores relativos:

**Tabla 3-3:** Calificación para jerarquización de amenazas

Calificación del parámetro	Valor
Bajo	Menor o igual a 5
Media	Entre 6 y 27
Alta	Mayor o igual a 28

**Amenazas de carácter natural**

Son las que tienen su origen en eventos naturales, en cuya generación no tienen ninguna responsabilidad los entes vinculados a los puertos pero su registro puede servir tanto para controlar su operación, como a las entidades de prevención y atención de desastres. A continuación se proponen las principales variables que, según su magnitud, pueden convertirse en amenazas naturales para los puertos en estudios. La Tabla 3-4 presenta un resumen de dichas amenazas.

**Tabla 3-4:** Amenazas naturales en puertos

<b>Amenazas naturales para los puertos colombianos</b>
Oleaje
Nivel del mar
Huracanes
Tsunamis
Sismos
Precipitación
Temperatura
Caudales

**Oleaje:** Los oleajes fuertes pueden generar problemas en la operación de los puertos. Según los valores de referencia en el contexto internacional, condiciones desfavorables en la operación portuaria de buques de carga, se presenta con oleajes mayores que 0.3 m durante más del 0.46% del tiempo. Oleajes más fuertes de estos valores pueden generar destrucción parcial o total de obras, destrucción de equipos, pérdida de materiales e implementos, parálisis parcial o total de los trabajos en los sitios afectados, cierres o circulación restringida durante operación, costos altos, heridos, muertes, etc.

En Colombia esta amenaza puede resultar poco importante, principalmente por ser puertos abrigados naturalmente o por ser puertos donde por su mismo diseño, se esté preparado para evitar absorber la energía de estos fuertes oleajes. De todas maneras se considera esta amenaza por cuanto un evento de cierta magnitud, especialmente en temporada de huracanes, puede generar un riesgo asociado muy importante.

**Nivel del mar:** Un aumento extraordinario en el nivel del mar puede tener asociado un riesgo importante de inundación, y por ende, pérdidas humanas y de materiales. Este tipo de aumentos extraordinarios se deben a cualquiera de las siguientes dos causas o a ambas: a) mareas meteorológicas (ondas en el mar de largo período generadas por perturbaciones atmosféricas de viento y presión), b) aumento del nivel medio del mar, que a su vez puede estar relacionado con fenómenos de subsidencia o con un proceso de calentamiento global.



Entre las consecuencias más claras de esta amenaza se pueden considerar: afectación de obras, daño de equipos, pérdida de insumos, corto-circuitos, parálisis total o parcial de los trabajos en algunos frentes, cierres o circulación restringida durante operación, costos altos, etc. Se podrían presentarse heridos e incluso muertes por ahogamiento.

**Huracanes:** El paso de huracanes por la costa Caribe colombiana aunque esporádico, puede llegar a generar un aumento de la energía asociada con las variables oceanográficas y meteorológicas. En particular, se incrementa la altura de ola, se generan mareas meteorológicas y se aumenta la velocidad del viento. Por tanto un aumento en la frecuencia y magnitud de huracanes en el Mar Caribe colombiano puede ser una amenaza importante para los puertos de esta región. Los puertos de la región Caribe son más susceptibles a este fenómeno.

**Tsunamis:** Un tsunami es la agitación violenta de las aguas del mar causado por un sismo en el lecho submarino, que genera una onda de largo período, cuyos efectos pueden ser devastadores en la costa. Al respecto, se han registrado tsunamis en la costa pacífica colombiana. El más reciente en el año 1978 con pérdidas humanas y materiales significativas en la población de Tumaco. Aunque su frecuencia es muy baja, su magnitud es altísima.

De otro lado en el Caribe también existe el riesgo de esta amenaza natural. Los datos de tsunamis históricos del Centro nacional de datos geofísicos (NGDC) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica estadounidense (NOAA) indican que en los últimos 500 años se han observado en el Caribe más de 75 tsunamis. Estos representan aproximadamente un 7 a 10 por ciento de los tsunamis oceánicos del mundo. Todas las fuentes de tsunamis, a saber, terremotos, deslizamientos de tierras y erupciones volcánicas, han golpeado a la región. Desde 1842 por lo menos 3.510 personas fallecieron a causa de tsunamis en el Caribe<sup>6</sup>.

Las consecuencias de este fenómeno son similares, si no iguales, a las producidas por un aumento extraordinario en el nivel del mar. Sin embargo, se considera que la amenaza de tsunami es mayor que aquella, pues la generación de este fenómeno es más súbita y, por ende, menos predecible que el aumento en el nivel del mar.

**Sismos:** Ocurrencia de un movimiento telúrico de una dimensión suficiente como para afectar la continuidad de los trabajos de construcción o la normal operación del proyecto, una vez este se encuentre en servicio. Las principales consecuencias radican en una parálisis parcial o total de los trabajos en algunos frentes, costos altos, destrucción parcial total de obras, suspensión parcial o averías en servicios públicos (energía, acueducto, telefonía), incendios, daño en equipos, heridos, muertes, etc.

---

<sup>6</sup> UNESCO 2011. Ejercicio Caribe Wave 11. Un ejercicio de alerta de tsunamis en el Caribe.

**Precipitación:** Temporadas de alta pluviosidad dificultan la operación portuaria, la contención de derrames y el manejo de escorrentía. Estas temporadas ocurren en épocas de tormenta o con el paso de huracanes por el mar Caribe. En el Pacífico las lluvias son intensas, frecuentes y duraderas.

**Temperatura:** Altas temperaturas pueden ser causantes de incendios en pilas de carbón y/o almacenamientos de materiales inflamables.

**Caudales:** Los altos caudales pueden generar sobre elevaciones del nivel del agua en puertos que tengan influencia de grandes ríos.

No obstante de la anterior lista de amenazas naturales, existen otro tipo de amenazas netamente social que contribuyen o colocan en riesgo las operaciones portuarias, según lo establece e identifica Darbra et al. (2004), estas amenazas se clasifican en socio-naturales, antrópico-contaminantes, antrópico-tecnológicas, a continuación se listan esas amenazas según la clasificación anterior (Tabla 3-5).

**Tabla 3-5:** Amenazas de la actividad portuaria sobre los ecosistemas (tomado de Darbra, 2004)

<b>SOCIO-NATURALES</b>	<b>ANTRÓPICO-CONTAMINANTES</b>	<b>ANTRÓPICO-TECNOLÓGICAS</b>
Expansión del puerto / presión sobre las comunidades y medio ambiente.	Vertimientos domésticos.	Manipulación de cargas peligrosas.
Cambios morfológicos del entorno.	Vertimientos industriales.	Fallas en la infraestructura vial.
Cambios en la dinámica de los manglares.	Vertimientos agroindustriales.	Movimientos de carga y descarga.
Introducción de especies exóticas.	Vertimiento de residuos oleosos o tóxicos.	Almacenamiento de mercancías.
	Actividades mineras.	Falla de equipos.
	Disposición inadecuada de basuras y residuos sólidos.	Incendio.
	Liberación de CO2 por tráfico terrestre y marítimo.	Pérdida o afectación del patrimonio material.
	Dispersión material particulado.	
	Desechos del dragado.	
	Ruido.	
	Contaminación visual.	

### **Jerarquización de la vulnerabilidad**

Teniendo en cuenta que el término vulnerabilidad se refiere al nivel o grado al cual un sujeto (contexto social o material de una comunidad, como los habitantes y su propiedad, los servicios públicos, etc.) o elemento expuesto puede verse afectado cuando está sometido a las amenazas ya identificadas, se calificó la vulnerabilidad de los recursos socio-ambientales presentes en el área de influencia de los diferentes puertos de la siguiente manera:

- Alta: cuando la capacidad de respuesta de la comunidad y los elementos expuestos de los puertos es muy baja para asumir el evento amenazante y por tanto supone serias afectaciones en su funcionamiento, ocasionando incluso su desaparición en la zona afectada si las medidas que se implementen no son suficientes y eficaces.
- Media: cuando la capacidad de respuesta de la comunidad y los elementos expuestos de los puertos permiten asumir de manera parcial el evento amenazante, siendo necesario el suministro de apoyo para recuperar su normal funcionamiento.
- Baja: cuando la capacidad de respuesta de la comunidad y los elementos expuestos de los puertos es tal que las prácticas de recuperación son mínimas y poco exigentes.

Para cada una de estas categorías de la vulnerabilidad se asigna un peso o valor de calificación de acuerdo con la escala de valores presentada en la Tabla 3-6.

**Tabla 3-6:** Calificación para las categorías de vulnerabilidad

<b>Vulnerabilidad</b>	<b>valor</b>
Nula	0
Baja	2
Media	3
Alta	4

### **3.2.2 Cálculo del riesgo**

Elementos en riesgo (Elements at Risk, E): Son considerados con esta definición la población, los edificios y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta en un área determinada.

Riesgo total o daño (Total Risk, Rt): Número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades, y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un desastre, es decir, el producto del riesgo específico, Rs, y los elementos de riesgo, E. Por lo tanto, la formulación teórica, ampliamente aceptada desde entonces, que define las relaciones entre amenaza, vulnerabilidad y riesgo está dada como:

$$R_{iet} = (A_i \cdot V_{\hat{e}}) t$$

Una vez conocida la amenaza o peligro  $A_i$ , entendida como la probabilidad de que se presente un suceso con una intensidad mayor o igual a  $i$  durante un período de exposición  $t$ , y conocida la vulnerabilidad  $V_e$ , entendida como la predisposición intrínseca de un elemento expuesto  $e$  a ser afectado o de ser susceptible a sufrir un daño ante la ocurrencia de un suceso con una intensidad  $i$ , el riesgo  $R_{iet}$  se expresa como la probabilidad de que se presente una pérdida sobre el elemento y como resultado de la ocurrencia de un suceso con una intensidad mayor o igual a  $i$ . Es decir, el riesgo en general puede entenderse como la probabilidad de pérdida durante un período de tiempo  $t$  dado (Cardona 1986).

Para la evaluación del riesgo definido anteriormente, se utilizó un procedimiento similar al descrito para la jerarquización de amenazas y vulnerabilidades, con la diferencia que en este caso los parámetros permiten dos y tres opciones dentro de cada uno de ellos, para un total de seis posibles combinaciones, como se ve en la Tabla 3-7.

**Tabla 3-7:** Escala de valores y calificación del riesgo

Calificación de la amenaza (1)		Calificación de la vulnerabilidad		Calificación del riesgo	
Nula	0	Nula	0	Nulo	0
Baja	2	Baja	2	Bajo	4-6
Media	3	Media	3	Medio	7-9
Alta	4	Alta	4	Alto	10-16

1) Si bien la calificación de la amenaza,  $A$ , se hizo siguiendo la calificación  $A = P \cdot I \cdot D$  (donde  $P$ : Valor de la probabilidad de ocurrencia,  $I$ : Valor de la intensidad,  $D$ : Valor de la duración), la valoración total, a efectos de la evaluación del riesgo, se simplificó así: Amenaza nula = 0, Amenaza baja  $\leq 16$  con valor 2, Amenaza media = 18-32 con valor 3, Amenaza alta  $\geq 33$  con valor 4.

A continuación en la Tabla 3-8 se expresa la identificación y jerarquización de los riesgos asociados a las actividades desarrolladas y los elementos afectados, esto con el fin de priorizar y potenciar el control operacional en los diferentes procedimientos establecidos.

**Tabla 3-8:** Descripción de los niveles de riesgo

Nivel de riesgo (jerarquización)	Descripción
Alto	Bajo ninguna circunstancia se deberá mantener un riesgo con esa capacidad potencial de afectar el logro del objetivo. Por tanto, estos riesgos requieren una atención de alta prioridad para buscar disminuir en forma inmediata su calificación.
Medio	Aunque deben desarrollarse actividades para la gestión sobre el riesgo, tienen una prioridad de segundo nivel, pudiendo ejecutarse a mediano plazo.
Bajo	El riesgo no tiene una gravedad significativa, por lo que no amerita la inversión de recursos y no requiere acciones adicionales a las ya aplicadas.

Para finalizar, a continuación en la tabla 9 se resume la ruta metodológica para evaluar el riesgo ambiental.

**Tabla 3-9:** Ruta metodológica para evaluar el riesgo

	<b>Riesgo de la actividad portuaria y ecosistemas frente al entorno</b>	<b>Riesgo de los ecosistemas frente a la actividad portuaria</b>
Amenazas	Naturales: oleaje, nivel del mar, sismo, precipitación, etc. Sociales: antrópico-tecnológicos	Antrópico-contaminantes (vertimientos al agua, aire y tierra, entre otros)
Jerarquización de amenazas	Probabilidad: ocurrencia del evento Intensidad: daños sobre la actividad portuaria y/o ecosistemas Duración: duración del evento	Probabilidad: ocurrencia del evento Intensidad: daños sobre el medio Duración: duración del evento
Vulnerabilidad	Evaluar la vulnerabilidad de la actividad portuaria y de los ecosistemas frente a amenazas naturales y sociales	Evaluar la vulnerabilidad del medio (físico, biótico y social) frente a la actividad portuaria
Elementos vulnerables	Infraestructuras y ecosistemas	Ecosistemas
Evaluación del riesgo	Amenazas x Vulnerabilidad	Amenazas x Vulnerabilidad

La lucha contra el riesgo se basa en establecer medidas de: a) prevención, para predecir la peligrosidad de la amenaza, b) mitigación, para reducir la vulnerabilidad, c) alerta, con los sistemas de aviso, evacuación y preparación para el desastre, d) respuesta, que implica el salvamento de personas y defensa de otros elementos durante el desastre, y e) corrección de daños, es decir la reconstrucción e inversiones en mejoras tras el desastre (Bedoya et al., 2006).

Cabe resaltar que, cuando se tiene un mayor número de medidas de prevención y mitigación, menor será el riesgo de un elemento o conjunto de elementos dados.

Para el desarrollo de una propuesta coherente e integral de indicadores, es muy importante el conocimiento de la interacción puerto–entorno–puerto, dado que esto permite adoptar técnicas preventivas más que correctivas o de mitigación. De otro lado en la metodología debe identificar además de las amenazas de la actividad portuaria al ambiente, las amenazas y la vulnerabilidad de carácter natural, social y las antrópicas e incluirlas en el análisis. Correa et al. (2009) indica que las amenazas inducidas por el hombre, a las que se enfrenta el puerto son: riesgo de la actividad portuaria y los ecosistemas frente al entorno y riesgo de los ecosistemas frente a la actividad portuaria. En este sentido, las amenazas que se ciernen sobre un colectivo social pueden ser de distintos tipos, dependiendo de las causas que las originan, por ello, Lavell (1996) propone una clasificación de las mismas en cuatro categorías: naturales, socio-naturales, antrópico-contaminantes y antrópico-tecnológicas (Tabla 3-9).

### 3.2.3 Valoración de impacto ambiental

Con la valoración o evaluación de impacto ambiental (EIA) se busca identificar, predecir e pronosticar los impactos que la actividad portuaria produce en el ambiente. En esta se puede emplear cualquiera de las metodologías que están referidas en la literatura, como por ejemplo los métodos que utilizan matrices. El tema clave está en seleccionar adecuadamente el método más apropiado de acuerdo a las necesidades específicas y a los objetivos del mismo.

El planteamiento de la metodología de la matriz simple en este trabajo obedece a que principalmente lo que se busca es identificar que se genere un impacto para proponer un indicador de medición, no se quiere explorar matrices complejas como la de Conesa (1997), ya que complica el análisis mucho más allá de los objetivos del planteamiento de indicadores de medición. En este sentido, este trabajo recomienda la utilización de la matriz simple (causa-efecto) desarrollada por Leopold 1971 (Canter, 1998). Este es un método de valoración cualitativa (+/-) que además interactúa en términos de magnitud e importancia con la valoración cuantitativa (escala de 1 – 10). La identificación y evaluación de los impactos debe estar apoyado a través de un grupo de expertos, además de la revisión bibliográfica, calificada mediante el método Delphi.

Esta metodología permite describir cómo las actividades portuarias (causa o amenaza) ubicadas en columnas interactúan con factores ambientales (efectos o impactos) que pueden ser modificados o alterados, descritos en las filas. Además de las actividades portuarias (amenazas antrópicas) se consideran en la matriz las amenazas naturales.

Las ventajas principales de utilizar la matriz de Leopold consisten en que es muy útil como instrumento de Screening (proyección) para desarrollar una identificación de impactos y puede proporcionar un medio valioso para comunicar los impactos al proporcionar un desarrollo visual de los elementos impactados y de las principales acciones que causen los impactos (Canter, 1998).

## 3.3 Definición de indicadores para el monitoreo

Los indicadores propuestos para un plan de monitoreo ambiental siempre deben ir encaminados a suplir las falencias existentes detectadas o mejorar la gestión actual. Para la elaboración de los indicadores se tuvo en cuenta opiniones de autores como Cantú et al. (2007); que han definido los indicadores como variables que resumen información, haciendo que un fenómeno o proceso se haga perceptible, además permiten comunicar, medir y cuantificar información relevante.

Adicionalmente los indicadores propuestos y medidos deben hacer parte de un grupo o sistema de indicadores de medición para cada componente analizado, de manera que unificados proporcionen información más relevante. A continuación se explica la propuesta de indicadores.

Definición de indicadores y/o variables: una vez identificado los impactos y calificada su relevancia mediante la matriz, se establecieron una ó diferentes variables para su medición, la cual debe permitir hacerle monitoreo y seguimiento a la evolución del impacto; la cantidad (variables) va a depender de la complejidad del impacto a monitorear. Cada indicador determinado debe ser el resultado del análisis realizado mediante la evaluación de impacto ambiental, específicamente de la calificación de su importancia según la matriz de impacto, aquí se trabajó la matriz de Leopold, calificada mediante el método de expertos por su sencillez, pero no es exclusiva para la implementación de esta metodología, es la que aquí se ha utilizado.

Los indicadores propuestos deben permitir monitorear y comprender los cambios generados al ecosistema y al componente social, además de hacer parte de un grupo o sistema de indicadores de medición para cada componente analizado, de manera que unificados proporcionen información más relevante.

Además de la definición de cada indicador, en este trabajo se utilizó la metodología difundida por la OECD (1993, 1994), esta consiste en clasificarlos en indicadores de Presión-Estado-Respuesta (Modelo PER, explicado en el numeral 2.1.2). En el caso que estos pudieron ser insertos en esta clasificación, esto permite determinar si se toman o no acciones con respecto al impacto, de acuerdo a los valores que se presentan en los resultados del monitoreo, es decir, se puede analizar el resultado de un indicador medido en el tiempo, si su tendencia es a subir, bajar o permanece estable. Este análisis ayuda comprender como ha sido la evolución del impacto.

La formulación de indicadores en esta investigación consistió en un trabajo inductivo de identificación de impactos producto, por un lado, de las amenazas de carácter social (actividad portuaria y social en cercanías de los puertos) y natural (eventos extremos como huracanes, tsunamis y mares de leva, entre otros), y por otra, de la vulnerabilidad o susceptibilidad del puerto y de las comunidades humanas y biológicas a dichas amenazas. Aunque el objetivo no es formular indicadores, es importante saber que el desarrollo de estos, sean indicadores cuantitativos o cualitativos, permite obtener índices numéricos que facilitan la toma de decisiones en relación con las políticas ambientales Cendrero, 1997 (Alcaide et al. 2004), por ejemplo, la protección del medio ambiente en los alrededores de los puertos.

Establecidos estos indicadores, deberá justificarse su medición. Una vez justificada, se procederá a definir una metodología y/o técnica, la cual deberá estar avalada por una normativa establecida (en el mejor de los escenarios). Pretendiendo con esto, estandarizar los métodos de medición con el fin de hacer comparables rangos de emisiones y de límites de permisibilidad. Por último se deberá establecer una ficha por indicador donde se resuma su medición. A continuación se amplía la información de cada uno de estos aspectos mencionados.

**a. Justificación del indicador:** estos indicadores pasan un proceso de evaluación de acuerdo con las condiciones socio-ambientales específicas que se dan en la zona de influencia de cada puerto. Es decir, la justificación va ligada a la evaluación del riesgo

ambiental y social que se presenta, en este sentido se tiene en cuenta la insostenibilidad que puede generar el impacto en el puerto y su zona de influencia. La justificación puede darse también en el sentido de que si los impactos no son manejados adecuadamente, pueden desembocar en sanciones o a negativas de permisos y/o prórrogas.

Posteriormente estos indicadores deberán pasar a un proceso de validación para justificar su pertinencia y medición, en el caso de no ser pertinentes para el puerto, deberán descartarse y seleccionar otro más aplicable.

**b. Definición de la metodología o técnica para la medición del indicador:** en esta se realiza una revisión de las metodologías existentes establecidas y validadas, de todas estas se define la que mejor se adapte, y la que de forma clara y sencilla muestre resultados completos. Se debe tener en cuenta las recomendaciones de institutos de investigación y de las autoridades ambientales en esta materia; en lo posible para el monitoreo se debe trabajar con laboratorios certificados.

**c. Revisión de la normativa nacional e internacional:** se realiza con el fin de comparar los rangos de permisibilidad de emisión de contaminantes, dado para las zonas portuarias y adaptarlos al contexto local de acuerdo al monitoreo. De acuerdo con la especificidad de cada uno, se deberán acoger o descartarse.

**d. Ficha metodológica:** esta ficha debe resumir el monitoreo ambiental a través de un indicador específico, con el fin de estandarizar un método de muestreo, de análisis y de medición. Debe contener un mínimo de definiciones que permita comprenderlo, tanto para el responsable de la medición, como para quienes realicen el seguimiento. La Figura 3-2 se presenta como ejemplo de lo que debe ser una ficha metodológica para el monitoreo.



**Figura 3-2:** Ficha metodológica para el monitoreo y seguimiento por indicador

Dimensión del indicador:	Tipo de indicador		
	Presión	Estado	Respuesta
<b>Nombre del indicador:</b>			
<b>1. Introducción:</b> indicar en este ítem la definición del indicador, la relevancia del impacto generado al ambiente por la actividad para su inclusión en el plan de monitoreo de ahí la importancia de la medición.			
<b>2. Objetivo ambiental:</b> consiste en determinar la dirección en la cual está dirigido la medición del indicador, es decir, la meta ambiental para mantener el estado de ese fenómeno medido en los niveles más bajos permitidos, además de verificar su cumplimiento con la normatividad vigente establecida y brindar información para la toma de decisiones y acciones.			
<b>3. Situación actual en el puerto:</b> realice una breve descripción de las condiciones ambientales o situaciones presentadas en el puerto de acuerdo a los parámetros que mide el indicador.			
<b>4. Descripción del indicador:</b> en este se debe anotar lo que se pretende medir, por ejemplo, número de empleos, presencia de especies, concentración de gases o compuestos químicos, entre otros. Además, debe indicar la unidad de medida, la periodicidad y el alcance de la medición (zona de influencia del indicador).			
<b>5. Metodología de cálculo:</b> se incluye aquí el parámetro o los parámetros que componen el indicador así como su fórmula de medición, la herramienta de medición si hay algún aparato que los pueda medir directamente, lugar de medición o zona de muestreo, mención de la legislación aplicable y el responsable de la medición.			
<b>6. Valores de referencia:</b> se incluye si existe los valores de referencia o rangos de permisibilidad amparado por una normativa, sea nacional o internacional si aplica.			
<b>7. Referencia:</b> se cita la bibliografía que soporta la importancia del indicador, así como la normativa que la ampara.			



## 4. Estudio de caso

A través del análisis de este estudio de caso, se han planteado muchos indicadores en cada componente para esta zona portuaria, estos indicadores fueron construidos de forma muy general, razón por la cual deben ser depurados, dándole prioridad al monitoreo de los impactos susceptibles de presentarse en cada puerto de acuerdo al riesgo que se enfrentan, a las actividades o vocación del puerto, la presencia o no de asentamientos humanos o comunidades biológicas, entre otras. A la vez estos indicadores deben ser validados y evaluados, por lo cual se debe procurar en lo posible de plantear un tiempo de evaluación de su comportamiento, así como para su implementación.

La metodología construida se aplicó en un caso de estudio. Se desarrolló en la zona portuaria de Santa Marta, presentando los resultados que se describen a continuación.

### 4.1 Diagnóstico

En este caso se parte de la premisa de que el diagnóstico elaborado es de una zona portuaria que se encuentra en operación, con puertos que tienen dos tipos de vocación bien definida. Lo que se pretende con este análisis es mejorar el sistema de gestión ambiental a través del rediseño del plan de monitoreo ambiental. En la primera etapa se realizó la revisión de los expedientes de la Zona Portuaria de Santa Marta, que incluye los puertos que se mencionan (Tabla 4-1) con su respectiva ubicación, Figura 4-1, Figura 4-2. Para la elaboración de este diagnóstico el trabajo se apoyó en la Guía Ambiental para Terminales Portuarios (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004).

**Tabla 4-1:** Puertos de la Zona Portuaria de Santa Marta

Puertos	Coordenadas	
American Port Company Inc.	11° 03' 59.21" N	74° 12' 42.25" O
C.I Prodeco	11° 06' 33.50" N	74° 13' 42.42" O
Sociedad Portuaria Río Córdoba S.A.	11° 02' 18.73" N	74° 14' 06.53" O
Sociedad Portuaria Regional de Santa Marta S.A.	11° 14' 58.73" N	74° 12' 51.44" O

Figura 4-1: Ubicación geográfica de la zona portuaria de Santa Marta



Fuente: Google Earth

Figura 4-2 : Ubicación geográfica de la zona portuaria de Santa Marta



Fuente: Puerto Nuevo, Santa Marta.

Esta zona portuaria representa el 30% del volumen de carga transportado a nivel nacional, aproximadamente 35.470.448 millones de toneladas métricas en el año 2008<sup>7</sup>.

Una vez revisados los expedientes, documentos base de caracterización ambiental (física, biótica y social), y analizada la información que tiene que ver con el monitoreo principalmente y el contexto socio-ambiental que se da en la zona de influencia del puerto, se obtuvo el siguiente diagnóstico:

**Componente de calidad de agua, sedimentos y suelos:** Se ha visto afectado por los vertimientos de las aguas negras procedentes de la ciudad, residuos de hidrocarburos, y residuos de tanques de combustibles, vertimiento de aguas de sentinas y residuos de óxidos y pintura de los barcos.

La operación de los puertos contribuye a la contaminación del agua, los sedimentos y el suelo, bien sea por los vertimientos o aportes directos o indirectos de residuos sólidos, peligrosos como derivados del petróleo, o de carbón durante el embarque del material, entre otros. De los resultados obtenidos en varios estudios, se encontró que los valores de grasas y aceites derramados al mar se hallan por encima de los límites permisibles, debido a la alta actividad de tránsito de motonaves. El manejo de combustibles en los puertos es de alto riesgo en caso de sucederse un derrame de hidrocarburos, sea combustible para autoconsumo o para exportación o importación.

Además de este tipo de contaminación que se genera en las operaciones, se detectan vacíos de información con respecto al monitoreo de la calidad de aguas marinas y superficiales en las áreas de influencia, al parecer no en toda la zona el monitoreo de estas componentes es constante. En la información revisada no se evidencia monitoreo permanente del análisis físico-químico de la calidad de los sedimentos del fondo marino y el suelo.

En esta zona portuaria se viene realizando la gestión de los residuos sólidos como una de las cosas más destacadas, se está reciclando papel, cartón, plástico, pero el manejo de residuos peligrosos no es claro.

**Componente de calidad de aire:** Este es uno de los componentes que mayor se impacta en las operaciones portuarias. En este sentido, la calidad del aire se ha visto afectada por la emisión de partículas a la atmósfera generada por la operación de transporte, almacenamiento y embarque del carbón, por la explotación y por la emisión del polvo derivado del descargue de material granelero (trigo, entre otros) y minerales, entre otras, en algunos puertos. La emisión de gases por el almacenaje de los productos

---

<sup>7</sup> Ministerio de Transporte de Colombia. Oficina asesora de planeación. Diagnóstico del sector transporte 2008.

químicos y generación de ruido durante la movilización y alistamiento de equipos y el tránsito hacia los botaderos también contribuye al deterioro de la calidad del aire. Puertos que manejan productos orgánicos, petróleo o algunos de sus derivados, lagunas de oxidación para tratamiento de aguas, entre otras, tienden a alterar la calidad del aire emitiendo olores ofensivos.

Los puertos multipropósitos además de la emisión de material particulado como polvo, hollín, cenizas y aerosoles también emiten gases contaminantes como CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, hidrocarburos volátiles, COV, y ozono troposférico, estos están asociados a operaciones portuarias (Jiménez et al. 2010).

En el monitoreo de la calidad del aire se ha hecho un esfuerzo importante en la modelación de dispersión de contaminantes que puede mejorarse incorporándole las operaciones de transporte de carbón en barcazas y carga de buque con grúa. Sería conveniente en los puertos realizar mediciones de material sedimentable adicionalmente al monitoreo PM<sub>10</sub>. El seguimiento realizado en esta zona con las estaciones de monitoreo de la Corporación Autónoma Regional del Magdalena (CORPAMAG) es apropiado, pero se considera que se deben realizar campañas de medición para estudiar otros contaminantes criterios como CO, NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub> ya que en los puertos hay mucha actividad de vehículos que usan combustible diesel y en algunos casos industrias de procesos que manejan hidrocarburos.

**Componente biológico:** Este componente es considerablemente impactado por las operaciones portuarias. En general se presenta una disminución, afectación y/o alteración de los recursos biológicos por los vertimientos de diversa índole en la costa y en el mar. La operación portuaria produce un impacto sobre la actividad pesquera artesanal que se realiza en esta zona por derrames accidentales de hidrocarburos. La vegetación es fuertemente afectada debido a la tala que se realiza para adecuar patios y zonas de maniobras que son de un tamaño considerable, además, la poca vegetación que queda es afectada por vertidos o emisión de diferentes contaminantes. En zonas donde se han realizado labores de dragado se ha alterado la estructura del lecho del fondo marino o fluvial y la composición de la fauna bentónica. En algunas zonas portuarias con presencia de vegetación de manglar, se viene presionando este recurso debido a la contaminación por hidrocarburos y a la tala extractiva, lo que ha contribuido a la disminución del recurso pesquero. Las aguas de lastre y de sentinas que no se les ha dado un tratamiento adecuado han llegado a contaminar aguas, repercutiendo negativamente en la biota del mar. Las anteriores son las principales alteraciones que se dan en el componente biológico. En la información revisada no se evidencia un monitoreo constante de del componente biótico.

**Componente social:** La actividad portuaria puede causar un alto impacto positivo en cuanto a la generación de empleo, pero a la vez puede causar dependencia a éste, conllevando a un cambio o choque cultural de ocupación en una población que tradicionalmente ha sido pesquera, por ejemplo. Específicamente en la zona portuaria de Santa Marta se ha venido acrecentando un conflicto con el sector turístico por el uso y vocación del suelo de la costa, además, el transporte de carbón por la línea férrea ha

incrementado este conflicto con varios hoteles ubicados en la zona. Se han implementado planes de gestión social realizado principalmente por las fundaciones que los puertos han creado con el fin de colaborar en el desarrollo de la región y de los pobladores, a través de estos se han realizado grandes inversiones en programas sociales e infraestructura física como escuelas y centros de salud.

De otro lado, no se identifican sistemas de monitoreo y seguimiento con indicadores de éxito y cumplimiento como por ejemplo el impacto en la salud de la población en el área de influencia. Además, se encuentran vacíos en la definición de criterios para proponer indicadores de seguimiento, y estrategias de participación social para el monitoreo ambiental, además se han evidenciado problemas en la interpretación de la normatividad ambiental nacional sobre el monitoreo del componente social. Se presenta el informe del plan de inversión social de la empresa, no sabiendo diferenciar la Gestión Social de la Responsabilidad Social. En ningún caso se diferenciaron los objetivos, metas, impactos a controlar, acciones de manejo y de verificación para cada medida correspondiente al programa de monitoreo y seguimiento.

Para el monitoreo de este componente falta establecer metodologías para el análisis de la efectividad de los programas de gestión social. El seguimiento se realiza principalmente a través de visitas a las comunidades y la recepción de quejas y reclamos. Los puertos realizan cursos de capacitación para el personal del puerto y externo dentro de la zona de influencia, algunos de estos han iniciado procesos que evidencian articulación interinstitucional, con institutos como el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). En síntesis no se identifican estrategias planificadas para monitorear los programas sociales, además no se evidencia apropiación de las nociones de indicadores de éxito y cumplimiento que sugiere la Guía Ambiental para Terminales Portuarios.

## **4.2 Evaluación ambiental**

La evaluación ambiental parte de la identificación de las principales actividades que realiza la operación portuaria, en esta se incluyen todas las que tienen la capacidad de generar impactos ambientales, estas se describen a continuación (Figura 4-3). Para la identificación de éstas se apoyó en la propuesta de Peris, et al. (2005), adaptándola al contexto colombiano.

**Figura 4-3: Principales operaciones portuarias**

No.	ACTIVIDADES	American Port Company	Prodeco	SP Río Córdoba	SP Santa Marta
1	Tráfico marino	X	X	X	X
2	Tráfico terrestre	X	X	X	X
3	Almacenamiento carga y descarga de petróleo y derivados				X
4	Almacenamiento carga y descarga de granel sólido	X	X	X	X
5	Almacenamiento carga y descarga de granel líquido				X
6	Almacenamiento carga y descarga de mercancía containerizada				X
7	Almacenamiento carga y descarga de mercancía no containerizada				X
8	Actividades pesqueras				
9	manejo de material sólido perecedero				X
10	Servicios portuarios	X	X	X	X
11	Servicios administrativos	X	X	X	X
12	Construcción de ambarcaciones				
13	Servicios sanitarios	X	X	X	X
14	Operciones de emergencia	X	X	X	X
15	Operciones de mantenimiento	X	X	X	X
16	Dragados	X	X	X	X
17	Tratamientos de residuos MARPOL	X	X	X	X
18	Obras civiles	X	X	X	X
19	Mercancía abandonada				
20	Actividades recreativas (atraque de cruceros)				X

Esta zona portuaria tiene la particularidad que de los cuatro puertos que la componen se identifican dos tipos de vocación principal que son (ver tabla 11):

Un puerto con movimientos de carga de gráneles en general (multipropósitos: carga general e incluso carbón)

Tres puertos con movimientos de un solo tipo de carga (monopropósito: carbón).

Con el fin de realizar una mejor evaluación ambiental, buscando comprender los procesos e impactos ambientales ocurridos en la operación de los mismos, y debido al grado de complejidad mayor en los impactos ambientales que puede presentar un tipo de puerto con respecto al otro, es necesario realizar esta división para el análisis general. Lo más recomendable en la aplicación de esta metodología es realizar la evaluación puerto a puerto. Cabe aclarar que este es un aplicativo que se hace de ejemplo en éste estudio de caso (Tabla 4-2).



**Tabla 4-2:** Vocación de los puertos analizados

<b>Puertos</b>	<b>Tipo de Carga</b>	<b>Vocación</b>
American Port Company Inc.	Carbón mineral a granel	Monopropósito
C.I Prodeco S.A.	Carbón mineral a granel	Monopropósito
Sociedad Portuaria Río Córdoba S.A.	Carbón mineral a granel	Monopropósito
Sociedad Portuaria Regional de Santa Marta S.A.	Contenedores, gráneles sólidos y líquidos, carga suelta y pasajeros	Multipropósito

Estas actividades listadas anteriormente no sólo causan efectos adversos en los componentes de la calidad del aire, aguas, sedimentos, suelos, biótico y social si no que también pueden llegar a alterar la geomorfología, oceanografía e hidrología debido a la operación, por lo que en la identificación de impactos se incluyen estas variables. El busca analizar la sostenibilidad ambiental del entorno pero a la vez examinar la sostenibilidad de la actividad económica.

Conformado el listado de las principales actividades de la operación portuaria, se procede a identificar los impactos generados, en este caso se procedió a realizarlo a través de un grupo de expertos. Con el fin de construir una metodología integradora, se propone al grupo de expertos una ruta de análisis determinada por la relación Entorno-Puerto-Entorno, con esto no sólo se evalúa la sostenibilidad del ambiente si no también la sostenibilidad de la actividad. Es decir, se consideró qué como se busca mayor control de los impactos que puede generar la actividad, hay que realizar un análisis amplio, por lo que se debe integrar además de los elementos del ambiente que son impactados por esta, se debe incluir las condiciones naturales del entorno que una vez alteradas pueden llegar a colocar en riesgo la actividad y por ende al ambiente. De esta forma se determinó incluir algunos elementos de la geomorfología, la oceanografía y la hidrología como elementos que pueden llegar a ser alterados naturalmente o por la actividad, generando inconvenientes, sí estos no son previstos y manejados. Los impactos identificados por componente son:

**Tabla 4-3:** Identificación de impactos ambientales

<b>Dimensión</b>	<b>Componente</b>	<b>Impacto ambiental</b>
Física	Geomorfología	Procesos de sedimentación, erosión, acreción y socavación.
		Cambios en la topografía del fondo marino.
	Océano	Cambios en el oleaje local y corrientes.
	Hidrología	Cambios en el régimen natural de los caudales.
	Calidad de agua	Contaminación por sustancias tóxicas (hidrocarburos del petróleo).
		Contaminación por sustancias tóxicas (carbón).
		Contaminación por sustancias tóxicas (metales pesados).
		Contaminación por sustancias tóxicas (plaguicidas organoclorados y fosforados).
		Alteración de los sedimentos
		Contaminación por nutrientes en el agua.
		Contaminación por agentes biológicos.
		Contaminación por agentes microbiológicos.
		Cambios en el paisaje.
		Contaminación por residuos urbanos y peligrosos.
	Calidad de sedimentos y suelo	Contaminación por sustancias tóxicas (hidrocarburos del petróleo).
		Contaminación por sustancias tóxicas (carbón).
		Contaminación por sustancias tóxicas (metales pesados).
		Contaminación por sustancias tóxicas (plaguicidas organoclorados y fosforados).
		Contaminación por nutrientes en el suelo.
		Contaminación por agentes biológicos.
		Contaminación por agentes microbiológicos.
	Contaminación del suelo por residuos urbanos y peligrosos.	
	Calidad de aire	Contaminación por material particulado
		Contaminación por gases criterio (CO, NOx, SO <sub>2</sub> , COV).
		Ocurrencia de incendios.
		Emisión de gases de efecto invernadero (CO <sub>2</sub> ).
		Generación de ruido
	Generación de olores ofensivos.	

**Tabla 4 – 3:** Identificación de impactos ambientales (continuación)

Dimensión	Componente	Impacto ambiental
Biótica	Flora y fauna, marina y terrestre.	Cambios en la cobertura vegetal.
		Cambios en bentos.
		Cambios en ecosistemas marinos y costeros.
		Cambios en rutas migratorias.
		Introducción de especies por agua de lastre.
Social	Demografía	Inmigración
		Desplazamientos
	Dinámicas culturales	Intercambio cultural
		Afectación del patrimonio
		Construcción de la memoria social e histórica.
	Político - administrativo	Coordinación entre los entes territoriales y nacionales para el control, protección y cumplimiento de normas de desempeño ambiental y social.
		Emergencia o consolidación de instituciones no gubernamentales.
		Participación y procesos de consulta con las poblaciones vecinas.
		Generación de expectativas en la comunidad.
		Creación de iniciativas de desarrollo social.
		Fortalecimiento comunitario.
	Dinámicas sociales	Relaciones del puerto con las poblaciones locales.
		Generación de empleo para la población local.
		Incidencia en las actividades económicas de las poblaciones locales.

### 4.2.1 Amenazas, vulnerabilidad y riesgo

Basados en la descripción que se realizó en el apartado 3.2.1 se procedió a evaluar el riesgo ambiental al que están enfrentados los puertos de esta zona portuaria. Se inició con el análisis de los eventos naturales con mayor probabilidad de ocurrencia con el fin de ubicarlos sobre una matriz y proceder a su valoración. En este caso siempre será necesario apoyarse en la información secundaria documentada por la autoridad ambiental y en estudios de predicciones de eventos naturales con posibilidades de ocurrencia. Teniendo en cuenta que el riesgo es el producto de la amenaza por la vulnerabilidad, se procedió primero a calificar la amenaza (Figura 4-4).



**Figura 4-4:** Calificación de las amenazas (probabilidad, intensidad y duración) con posibilidad de ocurrencia en la zona portuaria de Santa Marta

AMENAZAS	SPR RÍO CÓRDOBA				AMERICAN PORT				PUERTO PRODECO				SPR SANTA MARTA			
	P	I	D	TOT	P	I	D	TOT	P	I	D	TOT	P	I	D	TOT
<b>AMENAZAS NATURALES</b>																
Oleaje	2	2	3	12	2	2	3	12	2	2	3	12	2	2	3	12
Nivel del mar	2	3	2	12	2	3	2	12	2	3	2	12	2	3	2	12
Huracanes	3	3	2	18	3	3	2	18	3	3	2	18	3	3	2	18
Tsunamis	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	2	8
Sismos	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	2	8
Vientos	3	3	3	27	3	4	3	36	3	4	3	36	2	4	2	16
Precipitación	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	2	8
Temperatura	2	2	3	12	2	2	3	12	2	2	3	12	2	2	3	12
Caudales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	27
<b>AMENAZAS SOCIO-NATURALES</b>																
Expansión del puerto / presión sobre las comunidades y medio ambiente	2	2	3	12	2	2	3	12	2	2	3	12	2	2	4	16
Cambios morfológicos del entorno	2	3	2	12	2	3	2	12	2	3	2	12	2	2	3	12
Cambios en la dinámica de los manglares	2	2	3	12	2	2	3	12	2	2	3	12	2	2	2	8
Introducción de especies alóctonas	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	4	16
<b>AMENAZAS ANTRÓPICO-CONTAMINANTES Y ANTRÓPICO-TECNOLÓGICAS</b>																
Tráfico marítimo	3	2	3	18	3	2	3	18	3	2	3	18	2	3	4	24
Tráfico fluvial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tráfico terrestre	2	2	3	12	2	2	3	12	2	2	3	12	2	3	4	24
Procesos industriales en los puertos	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	2	8
Almacenamiento, carga y descarga de productos hidrocarburos	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	2	8	2	3	2	12
Almacenamiento, carga y descarga de graneles líquidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	2	16
Almacenamiento, carga y descarga de graneles sólidos	3	3	4	36	3	3	4	36	3	3	4	36	4	3	2	24
Almacenamiento, carga y descarga de mercancía general contenerizada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	4	24
Almacenamiento, carga y descarga de mercancía general no contenerizada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	18
Actividad pesquera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	8
Manipulación y transformación de graneles sólidos perecederos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	8
Servicios portuarios complementarios o conexos	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	2	8
Servicios administrativos	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	2	8
Servicios sanitarios	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	2	8
Servicios públicos	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	2	8
Operaciones de emergencia	2	4	2	16	2	4	2	16	2	4	2	16	2	4	2	16
Actividades de mantenimiento y limpieza dentro del recinto portuario	2	2	4	16	2	2	4	16	2	2	4	16	2	2	4	16
Dragado	3	3	2	18	3	3	2	18	3	3	2	18	3	3	2	18
Tratamiento de residuos MARPOL _Aguas de lastre	3	2	4	24	3	2	4	24	3	2	4	24	3	2	4	24
Tratamiento de residuos MARPOL _Aguas de sentina	3	2	4	24	3	2	4	24	3	2	4	24	3	2	4	24
Tratamiento de residuos MARPOL _Residuos sólidos	3	2	4	24	3	2	4	24	3	2	4	24	3	2	4	24
Obras civiles	3	3	2	18	3	3	2	18	3	3	2	18	3	3	2	18
Instalaciones y mercancías abandonadas o en desuso	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	2	8	2	2	2	8
Cargue y descargue de trenes	2	2	3	12	2	2	3	12	2	2	3	12	2	2	2	8
Cargue y descargue de pasajeros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	8

La figura anterior se puede interpretar de acuerdo con los valores numéricos presentados o el método del semáforo. Esto significa que las actividades con calificación en color verde representan una muy baja amenaza, el color amarillo una amenaza media y el color rojo representa una alta amenaza.

Una vez evaluada la amenaza pasamos a determinar la vulnerabilidad. Como se comentó anteriormente, la vulnerabilidad de un elemento o conjunto de elementos es el grado de pérdida o daños que cabe esperar si se produce un evento de una magnitud determinada. La vulnerabilidad depende de las características socio-económicas y ecosistémicas, entre otros. En caso de los puertos de esta zona se han seleccionado algunos elementos vulnerables del puerto y del entorno, los cuales se definen a continuación:

**Dragado y sitios de depósito:** Un proyecto portuario requiere generalmente de grandes cantidades de dragado para la construcción del canal de acceso y de la dársena de maniobras para poder acceder al muelle, muchas veces del orden de 10-20 m de profundidad.

**Playas:** Las playas son elementos blandos constituidos por partículas granulares que se pueden ver afectadas en gran medida por intervenciones antrópicas o por la acción de eventos naturales extraordinarios. Cuando se habla de playas en este documento el término se refiere a la concepción física que existe de este tipo de elementos que se encuentran alrededor de los puertos de análisis.

**Campamentos, talleres y almacenes:** Este elemento se circunscribe a los sitios utilizados para ubicar el alojamiento del personal, las cocinas, comedores, unidades sanitarias, zonas recreativas, oficinas, bodegas, talleres para la refacción de equipos y maquinaria, bodegas para el almacenamiento de equipos, insumos, restos no utilizados, etc.

**Centros de combustible:** Comprende todas las unidades (carrotanques, tanques, piscinas, etc.) utilizados para el transporte, almacenamiento, abastecimiento o recolección de gasolina, ACPM, Fuel Oil, kerosene, petróleo, asfalto, aceites, grasas y demás derivados del petróleo, requeridos para la operación de maquinaria y la realización de algunas tareas de construcción. Estas unidades (algunas de las cuales dispuestas sobre ruedas), normalmente se ubican en cercanía de talleres, zonas de parqueo de vehículos, plantas de agregados, canteras, etc.

**Viaductos o plataformas de acceso:** Es el elemento que comunica con las instalaciones en tierra. No en todos los puertos analizados existe. El viaducto soporta la carga de la banda transportadora, así como de los equipos requeridos para la operación y mantenimiento, transporte de personal, insumos y repuestos. Actúa igualmente como soporte para las tuberías de conducción de aguas de limpieza, sistema contra incendios, agua potable, combustibles y energía.

**Muelle principal:** La infraestructura del muelle principal permite el acceso a vehículos livianos y vehículos de mantenimiento, vehículos de carga/descarga, grúas de carga/descarga, y el atraque de los buques por la parte marina. Normalmente son estructuras pilotadas con defensas y bolardos para las maniobras de atraque.

**Zonas de almacenamiento:** Incluye patios de contenedores y bodegas para el almacenamiento de mercancía. Por ellas circulan vehículos livianos y vehículos de mantenimiento, vehículos de carga/descarga, y distintos tipos de maquinaria según sea el puerto de análisis.

**Comunidades biológicas:** Comunidades bióticas que habitan los puertos y sus zonas de influencia.

**Comunidad vinculada al puerto:** Personal que realiza labores de tipo operativo, de mantenimiento y apoyo para el buen funcionamiento de toda la operación; supervisores, los profesionales y el personal administrativo, el personal contratista, que realiza labores asociadas a la operación, principalmente de mantenimiento de equipos, de oficinas y comedor, y otras labores de carácter temporal.

**Comunidades vecinas al puerto:** Comprende los barrios, caseríos, pueblos, ciudades y demás sectores donde exista cierta concentración de habitantes y que quedarán localizados en las márgenes del futuro puerto o dentro de la zona de influencia regional del proyecto.

La Figura 4-5 muestra la evaluación de la vulnerabilidad, en esta también se utiliza la metodología del semáforo.

Con los datos de amenazas y vulnerabilidad calculados se procedió a estimar el riesgo ambiental (Figura 4-6, Figura 4-7, Figura 4-8, Figura 4-9).

Figura 4-5: Evaluación de la vulnerabilidad

	Dragado y sitios de depósito	Playas	Campamentos, talleres y almacenes	Centros de combustible	Viaductos o plataformas de acceso	Muelles principales	Zonas de almacenamiento	Comunidades bióticas	Comunidad vinculada al puerto	Comunidades vecinas al puerto
<b>AMENAZAS</b>										
<b>AMENAZAS NATURALES</b>										
Oleaje	3	4	2	2	4	4	0	3	2	2
Nivel del mar	2	3	2	2	3	4	0	3	2	2
Huracanes	3	3	2	2	3	4	0	3	3	3
Tsunamis	3	3	2	2	3	4	2	3	3	3
Sismos	2	2	3	3	3	3	2	2	3	3
Vientos	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2
Precipitación	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2
Temperatura	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2
Caudales	3	2	2	2	2	2	0	3	2	2
<b>AMENAZAS SOCIO-NATURALES</b>										
Expansión del puerto / presión sobre las comunidades y medio ambiente	2	3	3	2	3	3	3	3	3	4
Cambios morfológicos del entorno	3	3	0	0	2	2	3	3	2	3
Cambios en la dinámica de los manglares	3	3	0	0	2	2	0	4	2	3
Introducción de especies alóctonas	2	2	0	0	0	2	2	4	2	2
<b>AMENAZAS ANTRÓPICO-CONTAMINANTES Y ANTRÓPICO-TECNOLÓGICAS</b>										
Tráfico marítimo	4	2	2	2	2	3	4	3	3	3
Tráfico fluvial	0	0	2	2	2	3	3	3	3	3
Tráfico terrestre	0	0	2	3	2	2	4	3	4	4
Procesos industriales en los puertos	0	0	3	3	0	0	2	2	4	3
Almacenamiento, carga y descarga de productos hidrocarburos	0	0	2	2	0	3	4	2	2	3
Almacenamiento, carga y descarga de graneles líquidos	0	0	2	2	0	3	4	2	2	2
Almacenamiento, carga y descarga de graneles sólidos	0	0	2	2	0	3	4	2	2	2
Almacenamiento, carga y descarga de mercancía general contenerizada	0	0	2	2	0	3	4	2	2	2
Almacenamiento, carga y descarga de mercancía general no contenerizada	0	0	2	2	0	3	4	2	2	2
Actividad pesquera	3	2	2	0	3	2	2	3	3	3
Manipulación y transformación de graneles sólidos perecederos	0	0	2	2	0	2	3	2	2	2
Servicios portuarios complementarios o conexos	0	0	3	3	2	2	2	2	2	2
Servicios administrativos	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2
Servicios sanitarios	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2
Servicios públicos	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2
Operaciones de emergencia	2	2	3	3	3	3	3	2	3	3
Actividades de mantenimiento y limpieza dentro del recinto portuario	0	0	2	2	2	2	0	0	2	2
Dragado	4	3	0	0	2	2	0	3	2	3
Tratamiento de residuos MARPOL _Aguas de lastre	2	2	2	2	0	2	0	3	3	3
Tratamiento de residuos MARPOL _Aguas de sentina	2	2	2	2	0	2	0	3	3	3
Tratamiento de residuos MARPOL _Residuos sólidos	2	2	3	3	0	2	0	3	3	3
Obras civiles	4	3	3	2	2	3	2	3	3	3
Instalaciones y mercancías abandonadas o en desuso	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2
Cargue y descargue de trenes	0	0	2	2	0	0	3	2	3	4
Cargue y descargue de pasajeros	0	0	2	2	0	3	3	2	3	3



**Figura 4-6:** Evaluación del riesgo ambiental en American Port Company Inc.

	ELEMENTO								
	Dragado y sitios de depósito	Playas	Campamentos, talleres y almacenes	Centros de combustible	Viaductos o plataformas de acceso	Muelles principales	Zonas de almacenamiento	Comunidades bióticas	Comunidad vinculada al puerto
<b>AMENAZAS</b>									
<b>AMENAZAS NATURALES</b>									
Oleaje	6	8	4	4	8	8	0	6	4
Nivel del mar	4	6	4	4	6	8	0	6	4
Huracanes	9	9	6	6	9	12	0	9	9
Tsunamis	6	6	4	4	6	8	4	6	6
Sismos	4	4	6	6	6	6	4	4	6
Vientos	8	8	8	8	12	12	12	12	8
Precipitación	4	4	4	4	4	4	4	6	4
Temperatura	4	4	4	4	4	4	4	6	4
Caudales	6	4	4	4	4	4	0	6	4
<b>AMENAZAS SOCIO-NATURALES</b>									
Expansión del puerto / presión sobre las comunidades y medio ambiente	4	6	6	4	6	6	6	6	6
Cambios morfológicos del entorno	6	6	0	0	4	4	6	6	4
Cambios en la dinámica de los manglares	6	6	0	0	4	4	0	8	4
Introducción de especies alóctonas	4	4	0	0	0	4	4	8	4
<b>AMENAZAS ANTRÓPICO-CONTAMINANTES Y ANTRÓPICO-TECNOLÓGICAS</b>									
Tráfico marítimo	12	6	6	6	6	9	12	9	9
Tráfico fluvial	0	0	4	4	4	6	6	6	6
Tráfico terrestre	0	0	4	6	4	4	8	6	8
Procesos industriales en los puertos	0	0	6	6	0	0	4	4	8
Almacenamiento, carga y descarga de productos hidrocarburos	0	0	4	4	0	6	8	4	4
Almacenamiento, carga y descarga de graneles líquidos	0	0	4	4	0	6	8	4	4
Almacenamiento, carga y descarga de graneles sólidos	0	0	8	8	0	12	16	8	8
Almacenamiento, carga y descarga de mercancía general contenerizada	0	0	4	4	0	6	8	4	4
Almacenamiento, carga y descarga de mercancía general no contenerizada	0	0	4	4	0	6	8	4	4
Actividad pesquera	6	4	4	0	6	4	4	6	6
Manipulación y transformación de graneles sólidos perecederos	0	0	4	4	0	4	6	4	4
Servicios portuarios complementarios o conexos	0	0	6	6	4	4	4	4	4
Servicios administrativos	0	0	4	4	4	4	4	4	4
Servicios sanitarios	0	0	4	4	4	4	4	4	4
Servicios públicos	0	0	4	4	4	4	4	4	4
Operaciones de emergencia	6	6	9	9	9	9	9	6	9
Actividades de mantenimiento y limpieza dentro del recinto portuario	0	0	6	6	6	6	0	0	6
Dragado	12	9	0	0	6	6	0	9	6
Tratamiento de residuos MARPOL _Aguas de lastre	6	6	6	6	0	6	0	9	9
Tratamiento de residuos MARPOL _Aguas de sentina	6	6	6	6	0	6	0	9	9
Tratamiento de residuos MARPOL _Residuos sólidos	6	6	9	9	0	6	0	9	9
Obras civiles	12	9	9	6	6	9	6	9	9
Instalaciones y mercancías abandonadas o en desuso	0	0	4	4	0	0	4	4	4
Cargue y descargue de trenes	0	0	4	4	0	0	6	4	6
Cargue y descargue de pasajeros	0	0	4	4	0	6	6	4	6

Figura 4-7: Evaluación del riesgo ambiental en C.I. Prodeco S.A.

	ELEMENTO									
	Campamentos, talleres y almacenes	Centros de combustible	Viaductos o plataformas de acceso	Muelles principales	Zonas de almacenamiento	Comunidades bióticas	Comunidad vinculada al puerto	Comunidad vinculada al puerto		
<b>AMENAZAS</b>										
<b>AMENAZAS NATURALES</b>										
Oleaje	6	8	4	4	8	8	0	6	4	4
Nivel del mar	4	6	4	4	6	8	0	6	4	4
Huracanes	9	9	6	6	9	12	0	9	9	6
Tsunamis	6	6	4	4	6	8	4	6	6	6
Sismos	4	4	6	6	6	6	4	4	6	6
Vientos	8	8	8	8	12	12	12	12	8	6
Precipitación	4	4	4	4	4	4	4	6	4	4
Temperatura	4	4	4	4	4	4	4	6	4	4
Caudales	6	4	4	4	4	4	0	6	4	4
<b>AMENAZAS SOCIO-NATURALES</b>										
Expansión del puerto / presión sobre las comunidades y medio ambiente	4	6	6	4	6	6	6	6	6	8
Cambios morfológicos del entorno	6	6	0	0	4	4	6	6	4	6
Cambios en la dinámica de los manglares	6	6	0	0	4	4	0	8	4	6
Introducción de especies alóctonas	4	4	0	0	0	4	4	8	4	4
<b>AMENAZAS ANTRÓPICO-CONTAMINANTES Y ANTRÓPICO-TECNOLÓGICAS</b>										
Tráfico marítimo	12	6	6	6	6	9	12	9	9	8
Tráfico fluvial	0	0	4	4	4	6	6	6	6	6
Tráfico terrestre	0	0	4	6	4	4	8	6	8	8
Procesos industriales en los puertos	0	0	6	6	0	0	4	4	8	6
Almacenamiento, carga y descarga de productos hidrocarburos	0	0	4	4	0	6	8	4	4	6
Almacenamiento, carga y descarga de graneles líquidos	0	0	4	4	0	6	8	4	4	4
Almacenamiento, carga y descarga de graneles sólidos	0	0	8	8	0	12	16	8	8	8
Almacenamiento, carga y descarga de mercancía general contenerizada	0	0	4	4	0	6	8	4	4	4
Almacenamiento, carga y descarga de mercancía general no contenerizada	0	0	4	4	0	6	8	4	4	4
Actividad pesquera	6	4	4	0	6	4	4	6	6	6
Manipulación y transformación de graneles sólidos percederos	0	0	4	4	0	4	6	4	4	4
Servicios portuarios complementarios o conexos	0	0	6	6	4	4	4	4	4	4
Servicios administrativos	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4
Servicios sanitarios	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4
Servicios públicos	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4
Operaciones de emergencia	6	6	9	9	9	9	9	6	9	9
Actividades de mantenimiento y limpieza dentro del recinto portuario	0	0	6	6	6	6	0	0	6	6
Dragado	12	9	0	0	6	6	0	9	6	9
Tratamiento de residuos MARPOL _Aguas de lastre	6	6	6	6	0	6	0	9	9	9
Tratamiento de residuos MARPOL _Aguas de sentina	6	6	6	6	0	6	0	9	9	9
Tratamiento de residuos MARPOL _Residuos sólidos	6	6	9	9	0	6	0	9	9	9
Obras civiles	12	9	9	6	6	9	6	9	9	9
Instalaciones y mercancías abandonadas o en desuso	0	0	4	4	0	0	4	4	4	4
Cargue y descargue de trenes	0	0	4	4	0	0	6	4	6	8
Cargue y descargue de pasajeros	0	0	4	4	0	6	6	4	6	6

**Figura 4-8:** Evaluación del riesgo ambiental en la Sociedad Portuaria del Río Córdoba

	ELEMENTO									
	Dragado y sitios de depósito	Playas	Campamentos, talleres y almacenes	Centros de combustible	Viaductos o plataformas de acceso	Muelles principales	Zonas de almacenamiento	Comunidades bióticas	Comunidad vinculada al puerto	Comunidades vecinas al puerto
<b>AMENAZAS</b>										
<b>AMENAZAS NATURALES</b>										
Oleaje	6	8	4	4	8	8	0	6	4	4
Nivel del mar	4	6	4	4	6	8	0	6	4	4
Huracanes	9	9	6	6	9	12	0	9	9	6
Tsunamis	6	6	4	4	6	8	4	6	6	6
Sismos	4	4	6	6	6	6	4	4	6	6
Vientos	6	6	6	6	9	9	9	9	6	6
Precipitación	4	4	4	4	4	4	4	6	4	4
Temperatura	4	4	4	4	4	4	4	6	4	4
Caudales	6	4	4	4	4	4	0	6	4	4
<b>AMENAZAS SOCIO-NATURALES</b>										
Expansión del puerto / presión sobre las comunidades y medio ambiente	4	6	6	4	6	6	6	6	6	8
Cambios morfológicos del entorno	6	6	0	0	4	4	6	6	4	6
Cambios en la dinámica de los manglares	6	6	0	0	4	4	0	8	4	6
Introducción de especies alóctonas	4	4	0	0	0	4	4	8	4	4
<b>AMENAZAS ANTRÓPICO-CONTAMINANTES Y ANTRÓPICO-TECNOLÓGICAS</b>										
Tráfico marítimo	12	6	6	6	6	9	12	9	9	9
Tráfico fluvial	0	0	4	4	4	6	6	6	6	6
Tráfico terrestre	0	0	4	6	4	4	8	6	8	8
Procesos industriales en los puertos	0	0	6	6	0	0	4	4	8	6
Almacenamiento, carga y descarga de productos hidrocarburos	0	0	4	4	0	6	8	4	4	6
Almacenamiento, carga y descarga de graneles líquidos	0	0	4	4	0	6	8	4	4	4
Almacenamiento, carga y descarga de graneles sólidos	0	0	8	8	0	12	16	8	8	8
Almacenamiento, carga y descarga de mercancía general contenerizada	0	0	4	4	0	6	8	4	4	4
Almacenamiento, carga y descarga de mercancía general no contenerizada	0	0	4	4	0	6	8	4	4	4
Actividad pesquera	6	4	4	0	6	4	4	6	6	6
Manipulación y transformación de graneles sólidos perecederos	0	0	4	4	0	4	6	4	4	4
Servicios portuarios complementarios o conexos	0	0	6	6	4	4	4	4	4	4
Servicios administrativos	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4
Servicios sanitarios	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4
Servicios públicos	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4
Operaciones de emergencia	6	6	9	9	9	9	9	6	9	9
Actividades de mantenimiento y limpieza dentro del recinto portuario	0	0	6	6	6	6	0	0	6	6
Dragado	12	9	0	0	6	6	0	9	6	4
Tratamiento de residuos MARPOL _Aguas de lastre	6	6	6	6	0	6	0	9	9	6
Tratamiento de residuos MARPOL _Aguas de sentina	6	6	6	6	0	6	0	9	9	6
Tratamiento de residuos MARPOL _Residuos sólidos	6	6	9	9	0	6	0	9	9	6
Obras civiles	12	9	9	6	6	9	6	9	9	4
Instalaciones y mercancías abandonadas o en desuso	0	0	4	4	0	0	4	4	4	4
Cargue y descargue de trenes	0	0	4	4	0	0	6	4	6	9
Cargue y descargue de pasajeros	0	0	4	4	0	6	6	4	6	6

Figura 4-9: Evaluación del riesgo ambiental en la Sociedad Portuaria de Santa Marta

	ELEMENTO									
	Dragado y sitios de depósito	Playas	Campamentos, talleres y almacenes	Centros de combustible	Viaductos o plataformas de acceso	Muelles principales	Zonas de almacenamiento	Comunidades bióticas	Comunidad vinculada al puerto	Comunidades vecinas al puerto
<b>AMENAZAS</b>										
<b>AMENAZAS NATURALES</b>										
Oleaje	6	8	4	4	8	8	0	6	4	4
Nivel del mar	4	6	4	4	6	8	0	6	4	4
Huracanes	9	9	6	6	9	12	0	9	9	4
Tsunamis	6	6	4	4	6	8	4	6	6	6
Sismos	4	4	6	6	6	6	4	4	6	6
Vientos	6	6	6	6	9	9	9	9	6	6
Precipitación	4	4	4	4	4	4	4	6	4	4
Temperatura	4	4	4	4	4	4	4	6	4	4
Caudales	9	6	6	6	6	6	0	9	6	6
<b>AMENAZAS SOCIO-NATURALES</b>										
Expansión del puerto / presión sobre las comunidades y medio ambiente	6	9	9	6	9	9	9	9	9	9
Cambios morfológicos del entorno	6	6	0	0	4	4	6	6	4	6
Cambios en la dinámica de los manglares	6	6	0	0	4	4	6	8	4	6
Introducción de especies alóctonas	6	6	0	0	0	6	6	12	6	6
<b>AMENAZAS ANTRÓPICO-CONTAMINANTES Y ANTRÓPICO-TECNOLÓGICAS</b>										
Tráfico marítimo	12	6	6	6	6	9	12	9	9	9
Tráfico fluvial	0	0	4	4	4	6	6	6	6	6
Tráfico terrestre	0	0	6	9	6	6	12	9	12	9
Procesos industriales en los puertos	0	0	6	6	0	0	4	4	8	6
Almacenamiento, carga y descarga de productos hidrocarburos	0	0	4	4	0	6	8	4	4	6
Almacenamiento, carga y descarga de graneles líquidos	0	0	6	6	0	9	12	6	6	6
Almacenamiento, carga y descarga de graneles sólidos	0	0	6	6	0	9	12	6	6	6
Almacenamiento, carga y descarga de mercancía general contenerizada	0	0	6	6	0	9	12	6	6	6
Almacenamiento, carga y descarga de mercancía general no contenerizada	0	0	6	6	0	9	12	6	6	6
Actividad pesquera	6	4	4	0	6	4	4	6	6	6
Manipulación y transformación de graneles sólidos perecederos	0	0	4	4	0	4	6	4	4	4
Servicios portuarios complementarios o conexos	0	0	6	6	4	4	4	4	4	4
Servicios administrativos	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4
Servicios sanitarios	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4
Servicios públicos	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4
Operaciones de emergencia	6	6	9	9	9	9	9	6	9	9
Actividades de mantenimiento y limpieza dentro del recinto portuario	0	0	6	6	6	6	0	0	6	6
Dragado	12	9	0	0	6	6	0	9	6	9
Tratamiento de residuos MARPOL_Aguas de lastre	6	6	6	6	0	6	0	9	9	9
Tratamiento de residuos MARPOL_Aguas de sentina	6	6	6	6	0	6	0	9	9	9
Tratamiento de residuos MARPOL_Residuos sólidos	6	6	9	9	0	6	0	9	9	9
Obras civiles	12	9	9	6	6	9	6	9	9	9
Instalaciones y mercancías abandonadas o en desuso	0	0	4	4	0	0	4	4	4	4
Cargue y descargue de trenes	0	0	4	4	0	0	6	4	6	8
Cargue y descargue de pasajeros	0	0	4	4	0	6	6	4	6	6

### 4.2.2 Valoración de impacto ambiental

Con los elementos anteriormente definidos en la evaluación ambiental podemos determinar de forma sencilla que la actividad portuaria puede llegar a impactar los componentes de aguas (marina y continental), sedimentos, suelos, aire, biótico y social. A pesar de que el puerto implemente todas las medidas de precaución para evitar al máximo estos impactos tendrá que enfrentarse a fenómenos o amenazas naturales impredecibles que pueden conllevar a calamidades naturales o sociales ya que se puede vulnerar la infraestructura portuaria, conllevando a contingencias indeseables, generar accidentes a los empleados o impactar otras actividades humanas (turismo, pesca). Debido a esta evidencia de los resultados de la evaluación del riesgo se determinó incluir dentro de la matriz de impactos y a un lado de las actividades estas amenazas naturales a las que se enfrenta el puerto y que podrían llegar a generar contingencias.

Para esta evaluación se planteó una matriz de impactos (matriz de Leopold, calificada por el método Delphi) por cada tipo de puerto (mono y multipropósito) debido a que la cantidad de impactos se reducen cuando se realiza un solo tipo de operación. La matriz está planteada considerando tanto las amenazas naturales como las amenazas de tipo social (sociales, socio-naturales, antrópico-contaminantes y antrópico-tecnológicas), a partir de aquí se puede identificar los impactos relacionados con la actividad.

Como se mencionó anteriormente, la propuesta metodológica que se plantea para esta evaluación de impacto ambiental se basa en el modelo de matriz simple (causa-efecto) desarrollada por Leopold, 1971 (Conesa, 1997). Este es un método de valoración cualitativa (+/-) que además interactúa en términos de magnitud e importancia con la valoración cuantitativa (escala de 1 – 10). Esta metodología describe cómo las actividades portuarias (causa o amenaza) ubicadas en las columnas interactúan con factores ambientales (efectos o impactos) que pueden ser modificados o alterados (se describen en las filas). Además de las actividades portuarias (amenazas antrópicas) se consideran en la matriz las amenazas naturales.

Las ventajas principales de utilizar la matriz de Leopold consisten en que es muy útil como instrumento de screening (proyección) para desarrollar una identificación de impactos y puede proporcionar un medio valioso para comunicar los impactos al proporcionar un desarrollo visual de los elementos impactados y de las principales acciones que causen los impactos (Canter, 1998). Para este ejercicio sólo se agruparán principalmente acciones en la “Etapa de Operaciones” que es la fase en la que se encuentran hoy los puertos de este análisis.

Los factores ambientales modificados o alterados están agrupados por componentes de acuerdo con el medio en donde se genera el impacto, es así como se tiene el medio físico (dividido en: océano, aire, aguas y suelos), el medio biótico y el medio social. En este sentido se obtuvo una matriz con acciones (causas) y factores ambientales alterados (efectos).

Las cuadrículas de interacción están divididas en 3 casillas: una se identificará con el signo +/- de acuerdo con la naturaleza del impacto (benéfico "+" o perjudicial "-") y las otras 2 casillas con el valor cuantitativo de la magnitud (M) y la importancia (I). La magnitud (M) de una interacción es la extensión del impacto al cual se le asignará un valor numérico determinado objetivamente por el consenso de los expertos que estará en el rango de 1 a 10 de donde 1 es la mínima y 10 la máxima alteración; la importancia (I) tiene que ver con lo significativo o permanencia del impacto y será valorada al igual que la magnitud.

+ / -	
<b>MAGNITUD (M)</b>	<b>IMPORTANCIA (I)</b>
<b>1- 10</b>	<b>1-10</b>

Los impactos descritos fueron planteados por el grupo de investigadores del proyecto basados en la revisión bibliográfica y la experiencia personal. Estos al igual que las actividades fueron evaluados por el grupo de expertos para su aprobación. La matriz de evaluación de impactos se muestra en las Figura 4-10, Figura 4-11.

Figura 4-10: Matriz de calificación de impactos ambientales para los puertos monopropósito

DIMENSIÓN	COMPONENTE	ACTIVIDAD															AMENAZAS NATURALES															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Huracanes	Oleaje	Vientos	Precipitación	Sismos	Temperatura	Nivel del mar									
FISICA	Geomorfología	Procesos de sedimentación, erosión, acreción y socavación.	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	+	NA	-	NA	NA	-	-	-	-	-	NA	-	-	-	-	-	-	-	NA	-	
		Cambios en la topografía del fondo marino	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	-	NA	-	NA	NA	NA	-	-	-	-	-	NA	-	-	-	-	-	-	-	NA	-
	Oceánografía	Cambios en el oleaje local y corrientes	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	NA	-	NA	NA	NA	-	-	-	NA	-	-	-	-	-	-	NA	-	-	-	-
		Cambios en el régimen natural de los caudales	NA	-	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	NA	-	-	NA	NA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Agua	Contaminación por sustancias tóxicas (hidrocarburos del petróleo)	-	-	-	NA	NA	NA	-	-	-	-	+	-	-	NA	-	-	-	-	-	-	NA	NA	-	-	-	-	-	-	NA	NA
		Contaminación por sustancias tóxicas (carbon)	-	-	NA	-	NA	NA	NA	NA	-	-	NA	NA	NA	NA	-	-	-	-	-	-	NA	NA	-	-	-	-	-	-	NA	NA
		Contaminación por sustancias tóxicas (metales pesados)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	-	NA	-	-	NA	NA	+	+	NA	+	NA	NA	NA	+	+	NA	+	NA	NA	NA	NA
		Contaminación por sustancias tóxicas (plaguicidas organoclorados y fosforados)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	NA	NA	NA	-	NA	NA	-	-	NA	NA	NA	NA	NA	-	-	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		Sedimentos	-	-	NA	-	NA	NA	-	-	-	-	NA	-	NA	NA	-	-	-	+	+	-	NA	NA	-	-	-	-	-	-	NA	NA
		Contaminación por nutrientes en el agua	1	1	1	1	4	3	2	2	3	3	3	3	4	2	2	1	2	3	3	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2
		Contaminación por agentes biológicos	NA	NA	-	NA	NA	-	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA	NA	+	+	+	+	NA	NA	NA	+	+	+	+	NA	NA	NA	NA
		Contaminación por agentes microbiológicos	1	1	1	1	4	3	4	4	2	3	2	3	2	3	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	1
Cambios en el paisaje		-	NA	NA	NA	-	NA	NA	-	NA	-	NA	-	-	NA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Contaminación del agua por residuos urbanos y peligrosos		4	1	3	2	2	3	4	4	3	2	3	3	2	1	8	8	1	2	8	8	2	3	2	3	1	2	1	1	2	2	
	NA	NA	NA	NA	-	-	-	-	-	NA	NA	-	-	NA	NA	-	-	NA	NA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	2	2	2	2	2	3	4	4	2	2	3	3	2	3	2	3	2	3	2	3	3	3	2	3	2	3	2	3	3	3		

















**Figura 4 - 11:** Matriz de calificación de impactos ambientales para el puerto multipropósito (continuación)

DIMENSIÓN COMPONENTE		AMENAZAS NATURALES																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22								
ACTIVIDAD		Tráfico marítimo de remolcadores	Tráfico fluvial	Tráfico terrestre y férreo	Procesos industriales en los puertos	Almacenamiento, carga y descarga de combustibles hidrocarburos	Almacenamiento, carga y descarga de graneles líquidos	Almacenamiento, carga y descarga de graneles sólidos	Almacenamiento, carga y descarga de mercancía general contenerizada	Almacenamiento, carga y descarga de mercancía general no contenerizada	Manipulación y transformación de graneles sólidos perecederos	Servicios portuarios complementarios o conexos	Servicios administrativos	Servicios sanitarios	Operaciones de emergencia	Actividades de mantenimiento fuera del recinto portuario	Dragado y disposición	Tratamiento de residuos MARPOL_Aguas de lastre	Obras civiles	Instalaciones y mercancías abandonadas o en desuso	Relacionamiento con la comunidad	Cargue y descargue de trenes	Cargue y descargue de pasajeros	Oleaje	Vientos	Huracanes	Sismos	Precipitación	Temperatura	Nivel del mar	
IMPACTO AMBIENTAL	Inmigración	-	+	+	NA	NA	NA	NA	NA	NA	pos/neg	NA	NA	NA	NA	NA	NA	pos/neg	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	Desplazamientos	-	-	-	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
Dinámicas culturales	Intercambio cultural	NA	NA	+	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	+	NA	-	-	+	-	+	NA	pos/neg	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	Afectación del patrimonio	-	NA	-	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	pos/neg	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	-	-	-	+	-	-
Dinámicas sociales	Construcción de la memoria social e histórica.	NA	NA	-	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	+	+	+	+	+	+	NA	
	Coordinación entre los entes territoriales y nacionales para el control, protección y cumplimiento de normas de desempeño ambiental y social.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Dinámicas sociales	Emergencia o consolidación de instituciones no gubernamentales	NA	+	+	NA	NA	NA	NA	NA	NA	+	+	NA	NA	NA	NA	NA	NA	+	NA	+	NA	NA	+	+	+	+	+	+	+	
	Participación y procesos de consulta con las poblaciones vecinas.	NA	NA	-	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	NA	-	NA	NA	NA	NA	NA	+	+	+	+	+	+	+	
	Generación de expectativas en la comunidad	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	NA	NA	NA	NA	NA	NA	+	NA	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-
	Creación de iniciativas de desarrollo local.	NA	+	+	+	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	NA	+	+	+	+	+	+	+
	Fortalecimiento comunitario	NA	NA	+	-	-	-	-	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	NA	+	-	NA	+	+	+	+	+	+	+
	Relaciones del puerto con las poblaciones locales.	NA	-	-	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	NA	NA	-	NA	+	+	+	+	+	+	+
Dinámicas sociales	Generación de empleo para la población local.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	NA	NA	+	-	NA	NA	-	NA	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	
	Incidencia en las actividades económicas de las poblaciones locales.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	NA	NA	+	-	NA	+	NA	+	NA	+	+	+	-	-	-	-	+	-	
		2	7	2	8	6	8	2	4	2	5	3	5	4	8	3	7	2	7	1	3	1	6	4	7			2	5	6	7





Una vez calificada la matriz se puede observar la relevancia de los impactos generados, así como la dimensión más alterada por la operación portuaria, lo principal aquí es proponer los indicadores para cada una de las alteraciones que se presentan de tal forma que se le pueda hacer seguimiento a la evolución del impacto.

### **4.3 Definición de indicadores para el monitoreo**

En esta etapa de la metodología lo más importante es ubicar las variables o indicadores dentro de un sistema de monitoreo, de tal manera que la medición de uno complemente la del otro. Con el análisis de la interacción entorno-puerto-entorno utilizado en esta metodología, se puede integrar al sistema de monitoreo más elementos que permitan tener más control sobre la actividad, pero a la vez, verlo integral y transversalmente. Es importante resaltar que los indicadores que se propongan deben hacer parte de un solo plan de monitoreo unificado y analizado en todo su conjunto por la autoridad ambiental.

De otro lado, los sistemas de monitoreo modernos deben basarse en los modelos preventivos y no de mitigación, con el fin de evitar los impactos negativos, por lo anterior y debido a la integración de las amenazas del medio al puerto y del puerto al medio, siempre será necesario incluir dentro del análisis de la dimensión física (aguas, sedimentos, suelos, aire) las amenazas, la vulnerabilidad potencial (riesgo), debido a fenómenos naturales, pero no sólo por la actividad en sí, si no de acuerdo con unos volúmenes de carga movilizados, ya que estos podrán amenazar en mayor o menor proporción al ambiente, es decir, un puerto que moviliza anualmente 2'000.000 de toneladas de carga general puede causar un impacto de menor magnitud que aquel que moviliza 10'000.000 de toneladas; se asume un riesgo potencialmente mayor debido al volumen, por esto es necesario e importante llevar un manejo de estas estadísticas e incorporarlas al plan de monitoreo. A continuación se presenta la propuesta de indicadores por componente.

#### **4.3.1 Indicadores para las operaciones portuarias**

Buscando garantizar la seguridad en las operaciones portuarias, de modo que se reduzcan los riesgos de accidentes o contingencias y por ende efectos adversos sobre el ambiente, se deben considerar una serie de indicadores que permitan hacer seguimiento en las que se manifieste el funcionamiento del puerto como primera medida, estos deben estar integrados e interrelacionados dentro de un programa o sistema de indicadores ambientales para el monitoreo.

En este sentido se proponen para este componente 3 tipos de variables, en primera instancia las relacionadas con la actividad portuaria, en segunda instancia las variables oceanográficas e hidrológicas, y en tercera opción están las relacionadas con la geomorfología. La correcta y segura operación de un puerto depende de que estos tres grupos de variables sean monitoreados constantemente, y que se tomen decisiones operativas en base a la información que el monitoreo suministra.

Según Osorio (b) et al. (2010), en un puerto, las variables físicas oceanográficas más importantes para el diseño, la construcción y operación son el nivel del mar (definido por las mareas y la desembocadura de ríos), oleaje y las corrientes asociadas a esos dos procesos. Si bien se ha planteado la necesidad de proponer indicadores ambientales para el monitoreo de los puertos colombianos, en el caso del medio físico, en el componente de oceanografía e hidrología, estos indicadores son las mismas variables que se deben registrar. Las variables oceanográficas propuestas para ser monitoreadas son de obligatorio seguimiento en grandes puertos en diferentes países del mundo. Tradicionalmente, cerca de los grandes puertos existen redes tanto de medición de oleaje como de medición de mareas que sirven, entre otras funciones, para apoyar la actividad portuaria. La importancia de la medición de estas variables radica en dos aspectos: a) en el intento de evitar problemas ambientales tales como derrames y accidentes que pueden ocurrir durante la operación con condiciones oceanográficas fuertes y b) en la predicción del cambio acelerado de las variables debido a procesos de largo plazo, por ejemplo, ascenso del nivel del mar por cambio climático global.

Particularmente en el mar Caribe, el aumento de las temperaturas superficiales del océano y de la humedad atmosférica puede hacer que los huracanes y las tormentas tropicales se vuelvan más comunes y tengan mayor intensidad lo cual modificaría los regímenes de oleaje extremo. Así mismo, es posible que el nivel del mar sufra variaciones debido al aumento de las temperaturas globales. Para que el monitoreo de estas variables sea efectivo, los puertos deben contar con acceso en tiempo real a información sobre las variables oceanográficas, sea una boya o estación de medición propia o un sistema de medición de una entidad externa (CIOH, CCCP, IDEAM) que provea el acceso a los datos generados por su infraestructura de medición. Finalmente, las variables geomorfológicas a monitorear están relacionadas con la evolución del paisaje costero en los alrededores del puerto. Obras de expansión portuaria pueden alterar seriamente el paisaje, y a su vez el cambio de paisaje modifica ecosistemas y sistemas sociales que llevados al extremo, pueden convertirse en problemas socio-ambientales con impactos muy graves. Aunque no se puede generalizar que los puertos sean responsables de la erosión en sus alrededores.

Se definen en total 10 indicadores para los 3 grupos de variables, los cuales se presentan en la Tabla 4-4.

**Tabla 4-4:** Indicadores propuestos

GRUPO	INDICADOR
Actividad Portuaria	Número y tipo de embarcaciones
	Cantidad y tipo de carga
	Volumen de Combustibles
	Horas de operación restringida
	Tiempo de permanencia de embarcaciones en puerto
Oceanografía	Oleaje
	Mareas
	Corrientes
Hidrología	Caudales
Geomorfología	Evolución morfológica

En la medida en que los sistemas de monitoreo modernos advierten sobre los impactos ambientales generados así sean mínimos, deben de tener en cuenta la construcción de un sistema indicadores para el monitoreo que articule la actividad portuaria con la oceanografía, hidrología y la geomorfología, así se podrá contar con información relevante y elementos de juicio que permitan restringir o autorizar las operaciones portuarias de tal forma que se minimicen los posibles accidentes en el puerto.

Para el caso de los puertos en Colombia no se cuenta con una normatividad en función de determinar valores de referencia de las variables anteriormente descritas, que restringen o den vía libre a las operaciones de un puerto (las restricciones están enfocadas a disminuir accidentes dentro del puerto), esto puede deberse posiblemente a la baja incidencia que tienen estas variables en el país, pero aún así no han dejado de presentarse accidentes esporádicos como ha sucedido en la zona portuaria de Santa Marta, donde se han presentado fenómenos extremos. También cabe resaltar que los puertos llevan datos estadísticos de la actividad portuaria y además, en muchas zonas portuarias se realizan mediciones de corrientes, caudales, mareas, entre otras, tomadas por diferentes autoridades ambientales, que generalmente no se integran al plan de monitoreo, solo en casos muy puntuales como sucede con Colclinker en la zona portuaria de Cartagena, debido al tipo de operaciones (carga de cemento en buques herméticos con chut telescópico) y maniobras que realizan.

Los valores de referencia que aquí se propone para la operación segura en puertos fueron tomados de la experiencia española, recopilada en el ROM 3.1 (Puertos del Estado, 1999), cabe aclarar que estos valores están definidos para la península ibérica, dichas recomendaciones no están fijas a esta región del mundo pero que deberían analizarse y validarse. Finalmente, el éxito del monitoreo de estas variables también dependerá de la utilización de una instrumentación apropiada, en número y distribución adecuado, y en el manejo de divulgación de la información tomada.

#### **4.3.2 Indicadores para la calidad de aguas, sedimentos y suelos**

Los indicadores que se implementan actualmente para el monitoreo y seguimiento de la calidad de agua en los puertos colombianos han sido diseñados e implementados por el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR). De acuerdo con la revisión de los expedientes de los puertos se evidencian vacíos de información en este componente, por lo tanto, con la implementación de esta metodología se busca mejorar el monitoreo recomendando la medición de algunos parámetros que de acuerdo a la vocación del puerto son relevantes para ser incorporados en el sistema de monitoreo que se propone en el componente de calidad de aguas marinas y costeras. Además, se deben tener en cuenta los lineamientos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2004) para los programas de monitoreo sobre el recurso hídrico en los ámbitos continental y marino.

El agua de mar contiene de forma natural, pequeñas concentraciones de metales pesados que no resultan perjudiciales para el ecosistema y son necesarios para el

desarrollo de los organismos vivos. El problema surge cuando se produce un aumento de concentración; elementos que resultan beneficiosos se convierten en sustancias tóxicas que se pueden comportar como verdaderos venenos para los organismos marinos o acumularse en la cadena trófica de forma que pueden convertirse en tóxicos para el hombre (Quintero et al. 2010). Algunas de las variables sugeridas han sido medidas continuamente por los puertos pero en otras existe carencia de información, por lo tanto es necesario realizar el monitoreo de la calidad de agua y sedimento de forma continua y completa para realizar un análisis global de la afectación de las actividades portuarias a los cuerpos de agua y al sedimento marino.

Para la aplicación a cada puerto se sugiere realizar trabajo de campo y modelación de corrientes, marea, oleaje, vientos, entre otros, para establecer y revalidar la información que existe de las emisiones puntuales y difusas, los puntos de descarga de los sistemas de tratamiento de agua residual; doméstico, industrial, agua de escorrentía o agua marina, cuerpos de agua receptores de efluentes domésticos, cuerpos de agua receptores de efluentes industriales, pozos sépticos, sedimentadores, trampas de grasa, canales de aguas lluvias, entre otros.

#### 4.3.2.1 Calidad de aguas

Las variables que se proponen monitorear se clasifican de acuerdo a sus características en 8 grupos para agua marina. Se describen en la Tabla 4-5.

**Tabla 4-5:** Parámetros para la calidad de agua marina

<b>FÍSICO-QUÍMICOS</b>	<b>BIOLÓGICOS</b>	<b>METALES</b>
Color	Clorofila "a"	Hierro total
Olor	DBO5	Mercurio
Sabor	DQO	Cadmio
Temperatura	Recuento poblacional de hongos	Cobre
pH	Levaduras	Arsénico
OD	Aerobios mesófilos	Zinc
Saturación de oxígeno	Enterococos	Plomo
Transparencia	Bacterioplanton	Cromo
Turbiedad	Fitoplancton	Níquel
Dureza total	Biomasa zooplanctónica	<b>OTROS ELEMENTOS /COMPUESTOS</b>
Salinidad	<b>MICROBIOLÓGICOS</b>	Silicatos
Conductividad	Coliformes totales	Calcio
Grasas y aceites	Coliformes fecales	Sulfatos
Película visible de grasas y aceites	<b>NUTRIENTES</b>	Sulfuros
Sólidos disueltos totales	Fosforo total	<b>PLAGUICIDAS</b>
Sólidos sedimentables	Ortofosfatos (fósforo inorgánico disuelto)	Plaguicidas organoclorados

Sólidos suspendidos totales	Nitrógeno total	Plaguicidas fosforados
Sólidos totales	Amonio	<b>HIDROCARBUROS</b>
Sólidos totales fijos	Nitrito	Hidrocarburos aromáticos totales
Sólidos totales volátiles	Nitrato	Hidrocarburos totales del petróleo
Flotables		Hidrocarburos disueltos
Surfactantes		Hidrocarburos dispersos
Volumen de material particulado de carbón depositado en la costa		
Volumen de derrames accidentales		

Se debe tener en cuenta que algunas variables no han sido agrupadas dentro de estos indicadores, en esta medida, se propone adaptar los índices de contaminación diseñados por Ramírez et al. (1998), aplicados para Colombia en la calidad de agua superficial, para incluirlos en la calidad de agua marina, con el fin de complementar la información suministrada por los indicadores del INVEMAR. Se mencionan seguidamente.

ICOMI: índice de contaminación por mineralización; ICOMO: índice de contaminación por materia orgánica; ICOSUS: índice de contaminación por sólidos suspendidos; ICOTRO: índice de contaminación por trofia, ICOTEMP: Índice de contaminación por temperatura; ICOpH: índice de contaminación por pH.

Los anteriores índices de contaminación (ICO), permiten valorar problemas ambientales diferentes. ICOMI, ICOMO, ICOSUS, ICOTRO e ICOpH, permiten cuantificar el grado de contaminación de las aguas respecto a su condición general y no a contaminantes específicos (Fernández et al. 2005).

Las variables que no se incluyen dentro de los indicadores anteriores deberán conformar los siguientes grupos de parámetros:

Los índices propuestos por el INVEMAR son ICAMPFF: indicador de la calidad ambiental de las aguas marinas y costeras para la preservación de la flora y la fauna y ICAMRAP: indicador de la calidad ambiental de las aguas marinas y costeras para la recreación, actividades náuticas y playas.

Los siguientes parámetros/variables de calidad del agua son en sí mismos indicadores, pero debido a la gran cantidad de parámetros que se requieren medir se han reunido en cuatro grandes grupos de parámetros relacionados con la calidad de aguas marinas y costeras:

GRUPO 1. Parámetros físico-químicos en aguas: color, olor, sabor, OD, transparencia, película visible de grasas y aceites, sólidos totales, sólidos disueltos totales, sólidos sedimentables, sólidos totales fijos, sólidos totales volátiles, flotables, surfactantes, volumen de material particulado de carbón depositado en la costa, volumen de derrames accidentales.

GRUPO 2. Parámetros biológicos en aguas: recuento poblacional de hongos, levaduras, aerobios mesófilos y enterococos bacteria plancton, fitopláncton biomasa zooplantónica.

GRUPO 3. Otros elementos o compuestos en aguas: silicatos, calcio, sulfatos, sulfuros.

GRUPO 4. Hidrocarburos en aguas: hidrocarburos aromáticos totales e hidrocarburos totales del petróleo.

#### 4.3.2.2 Calidad de sedimentos

En la Tabla 4-6 se muestran los parámetros seleccionados a partir del estudio previo de las condiciones generales de los puertos, para la medición de la calidad de sedimentos. Algunas de ellas ya han sido monitoreadas y otras deben incluirse en los monitoreos actuales debido a su relevancia para definir la contaminación de los sedimentos por la actividad portuaria.

**Tabla 4-6:** Parámetros para la calidad de sedimentos

FÍSICO-QUÍMICOS	METALES	PLAGUICIDAS
Temperatura	Hierro	Plaguicidas organoclorados
pH	Mercurio	Plaguicidas fosforados
Humedad	Cadmio	Hidrocarburos
Grasas y aceites	Arsénico	Hidrocarburos aromáticos totales
<b>BIOLÓGICOS</b>	Cobre	Hidrocarburos totales del petróleo – TPHS.
Demanda béntica	Zinc	<b>NUTRIENTES</b>
Carbono orgánico total	Cromo	Fósforo total
Materia orgánica	Plomo	Ortofosfatos (fósforo inorgánico disuelto)
	<b>OTROS ELEMENTOS /COMPUESTOS</b>	Nitrógeno total
	Calcio	Amonio
	Sulfuros	Nitrito
	Sulfuro ácido volátil	Nitrato

Además de lo anterior, se sugiere la medición de las siguientes variables para conformar los grupos de parámetros que integren un indicador para el monitoreo.

Grupo 1. Físico-químicos: Temperatura, pH, humedad, grasas y aceites.

Grupo 2. Parámetros biológicos en sedimentos: Demanda béntica, carbono orgánico total, materia orgánica.

Grupo3. Nutrientes en sedimentos: Fósforo total, ortofosfatos (fósforo inorgánico disuelto), nitrógeno total, amonio, nitrito, nitrato.

Grupo4. Metales en sedimentos: Hierro total, mercurio, cadmio, arsénico, cobre, zinc, plomo, cromo.

Grupo5. Otros elementos ó compuestos en sedimentos: Calcio, sulfuros, sulfuro ácido volátil.

Grupo 6. Plaguicidas en sedimentos: Plaguicidas organoclorados y plaguicidas fosforados.

Grupo 7. Hidrocarburos en sedimentos: Hidrocarburos aromáticos totales e hidrocarburos totales del petróleo.

#### 4.3.2.3 Calidad de suelos

Los suelos de las zonas marinas y costeras no están exentos de ser contaminados. La carencia de legislación en materia de calidad de suelos impactados por contaminantes, hace pertinente proponer un monitoreo ambiental de estas zonas portuarias por medio de indicadores que apunten a conocer el estado de los suelos impactados y su riesgo para la salud humana y el ambiente.

En este sentido los indicadores seleccionados corresponden a variables de medición que en sí mismas se convierten en indicadores. Se enuncian a continuación (tabla 16).

**Tabla 4-7:** Indicadores propuestos para la calidad de suelos

Indicador	Definición
Potencial de hidrógeno pH	El pH determina el comportamiento y la evolución de los compuestos y los microorganismos presentes en los suelos (Formaselect, 2008).
Potencial redox	Las reacciones de óxido-reducción son procesos en los que se intercambian electrones. Las condiciones de oxido-reducción determinan el comportamiento de elementos que tienen distintas valencias y rigen también el funcionamiento de las raíces y de los microorganismos.
Conductividad eléctrica – salinidad	La salinidad es la consecuencia de la presencia en el suelo de sales. La presencia de sales ejerce una doble influencia en el suelo, por un lado la posible toxicidad de algunos iones presentes como el sodio, y de otro lado el incremento en la presión osmótica de la solución que dificulta la absorción de agua por parte de las plantas.

Manejo integral de residuos	Un residuo es cualquier material desechado en forma sólida, líquida, o gaseosa, puede ser el subproducto de un proceso de fabricación o simplemente un producto comercial, como por ejemplo un líquido limpiador o el ácido de batería que es desechado (EPA <sup>8</sup> , 2003).
Contenido de materia orgánica	Es una medida de la fertilidad del suelo, estabilidad y grado de erosión (Chen <i>et al.</i> , 2000).
Metales pesados y elementos traza	Los elementos traza son elementos, como boro, zinc, cobre, hierro, manganeso y molibdeno, que aparecen en los organismos en pequeñas concentraciones. Si su concentración en el suelo es demasiado baja, se pueden presentar enfermedades carenciales de las plantas; si es alta pueden originarse efectos perjudiciales.
Hidrocarburos totales del petróleo HTP	El uso de disolventes orgánicos, lubricantes y combustibles puede originar la contaminación del suelo por hidrocarburos.
Compuestos orgánicos y cianurados	Estos productos son compuestos clorados y fosforados los cuales tienen efectos tóxicos y de persistencia en los organismos. Los clorados y los fosforados aunque son biodegradables son extremadamente tóxicos.

#### 4.3.2.4 Indicadores para el componente calidad de aire

La calidad del aire en las zonas aledañas a los puertos requiere de un monitoreo permanente y cualificado de un conjunto de variables que sirven para calificar los riesgos asociados a las diversas actividades que allí se realizan. La normativa ambiental vigente en Colombia establece topes admisibles para los contaminantes atmosféricos, los cuales se consideran valores de referencia para definir, junto con las variables mencionadas, unos indicadores ambientales adecuados. Se tuvo en cuenta que los puertos multipropósito comparados con los mono propósito, donde las condiciones de riesgo ambiental asociadas a la operación del puerto son relativamente más complejas si se las compara con las correspondientes a los puertos del segundo grupo. En la definición de indicadores de calidad del aire, los aspectos técnico-científicos que componen la gestión, en el área de especies contaminantes, son, sin orden específico: inventarios de emisiones, monitoreo de contaminantes, modelación de la dispersión. La actual legislación y normativa ambiental portuaria del país incorpora estos tres aspectos y el Sistema de Vigilancia debe fijar metas concretas para la mejora continua de estos indicadores, como única herramienta para abordar una situación que es objeto permanente de gestión e investigación a nivel nacional e internacional. Los indicadores iluminan y reflejan las directrices conceptuales y operativas necesarias para preservar y mejorar las condiciones ambientales en las áreas portuarias.

El MAVDT y el IDEAM han establecido un conjunto de manuales y protocolos de diseño y gestión donde se especifican las metodologías y técnicas válidas para el monitoreo de la calidad del aire respecto a especies contaminantes y ruido ambiental.

Identificadas las actividades portuarias básicas y del procedimiento para la evaluación de los impactos ambientales, que sugiere una alteración fuerte de la calidad del aire según

<sup>8</sup> Environmental Protection Agency.- U.S.A.



evaluación, entonces se requiere para el monitoreo, de la definición de las variables de análisis, las cuales se agrupan, para el caso de la calidad del aire, en cinco categorías: meteorológicas, de contaminación, de exposición, presión y respuesta.

- **Meteorología:** Los aspectos más relevantes a monitorear son: a) el régimen superficial de vientos (dirección, intensidad, frecuencia y hora del día), el cual está asociado con la capacidad y dirección de barrido de los contaminantes atmosféricos; b) precipitación, útil para estimar las condiciones de remoción húmeda de contaminantes; c) otras variables (temperatura, humedad, presión, radiación solar y nubosidad) que informan acerca de las condiciones específicas en puerto y sirven para validar modelos de simulación sobre las condiciones atmosféricas y de dispersión de contaminantes.
- **Contaminación del aire:** Es la presencia en la atmósfera de sustancias no deseables en concentración, tiempo y circunstancias tales que pueden perjudicar la salud de los seres vivos, la estabilidad de los ecosistemas o afectar algunos bienes materiales. Los principales contaminantes del aire se dividen en dos grupos para su monitoreo y análisis: por un lado el material particulado (polvo hollín, ceniza) y los aerosoles; por el otro, los gases contaminantes (CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, hidrocarburos volátiles –COV- y ozono troposférico).
  - **Ruido ambiental:** El ruido incide en los estados de estrés e irritabilidad, capaces de alterar la capacidad de concentración, aprendizaje y productividad, provocando en ocasiones accidentes de tráfico o laborales, además de los efectos dañinos en la salud (véase: Norma de Ruido Ambiental, IDEAM, 2006, entre otras).
- **Exposición:** A partir de la definición de variables de exposición se busca, por una parte, que el puerto identifique y reconozca la existencia de sus comunidades próximas, para lo cual se propone que los puertos dispongan de una cartografía social detallada en la zona ambiental de influencia, la cual se superpondría a los resultados de los modelos de dispersión. Este procedimiento serviría para definir los grupos de población expuestos a los contaminantes y facilitaría el flujo oportuno de información a poblaciones en situación de riesgo.
- **Presión sobre el medio:** La inclusión de indicadores de presión lo que busca es informar donde están ocurriendo los efectos más adversos al ambiente debido a la presión que ejerce la actividad y sobre los cuales hay que tener mayor cuidado y mejor manejo. Con el fin de realizar inventarios de emisiones que complementen el sistema de monitoreo en la gestión de la calidad del aire, se requiere información precisa para establecer factores de emisión adecuados a la situación tecnológica en cada puerto.
- **Respuesta:** La definición de variables de respuesta busca informar acerca de los esfuerzos realizados para gestionar la problemática de calidad del aire. Las variables que aquí se proponen son tres (3): cantidad de mecanismos formales para incorporar

grupos interesados en el desarrollo de planes de acción ambiental y manejo de riesgo; cantidad de asociaciones involucradas en la investigación ambiental en calidad del aire a escala local y regional; índice de atención de quejas de la comunidad y requerimientos de las autoridades.

De las anteriores definiciones se desprende la siguiente propuesta de indicadores (Tabla 4-8).

**Tabla 4-8:** Indicadores propuestos para la calidad del aire

CLASIFICACIÓN DEL INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	DEFINICIÓN
Indicadores de presión	Tráfico	Consiste en inventariar fuentes móviles de emisiones en el puerto, dado por la distancia recorrida en el tiempo, por el tipo de vehículos, por el tipo de combustibles.
	Emisiones de material particulado PST y PM10.	Busca inventariar la concentración y descarga a la atmósfera en un tiempo dado, desde fuentes fijas y móviles.
	Emisiones de gases contaminantes (CO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>x</sub> y SO <sub>2</sub> ).	Este indicador responde a los requerimientos de la Resolución 909 de 2008 del MAVDT. Se construye con la base de inventario de emisiones de gases.
Indicadores de estado	Inmisiones de material particulado PST y PM10.	Este indicador de inmisiones, mide la concentración de contaminantes en el aire que se respira a nivel del suelo
	Inmisiones gases contaminantes (CO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>x</sub> y SO <sub>2</sub> ).	Busca medir la concentración promedio de estos gases. Se ajusta a la Norma Nacional de calidad del aire, Resolución 601 de 2006 del MAVDT.
	Ruido ambiental y emisión de ruido.	Este indicador busca el cumplimiento de la Resolución 627 de 2006, del MAVDT, y del Protocolo para la medición de emisiones de ruido, ruido ambiental y mapas de ruido del MAVDT, 2009.
Indicadores de respuesta	Se trata de evaluar la existencia y operatividad de acciones que disminuyan la presión sobre el medio. Estos se encuentran clasificados dentro de los indicadores sociales.	Dan cuenta de la incidencia del puerto en la gobernanza aplicada a la gestión ambiental local y a la participación social en la gestión ambiental.
Indicadores de exposición	Exposición a PM10	A partir de las modelaciones de dispersión de material particulado sobrepuestas a mapas de la población vecina al puerto, se determina la cantidad de personas expuestas a PM10. Busca dar cuenta del estado de salud de las personas en el área de influencia del puerto.

#### 4.3.2.5 Indicadores para el componente biótico

Los indicadores ambientales deben permitir reconocer el estado del ambiente a partir de las respuestas del componente biótico a las tensiones antropogénicas y el efecto de un enfoque de Manejo Integrado Costero para reducirlos o revertirlos. El grupo de los denominados indicadores biológicos o bioindicadores incluye especies de plantas y animales, muestra cambios en sus números, presencia/ausencia, condición y/o comportamiento, y proporciona información sobre la salud de un ecosistema, pues la tensión –sin importar los factores que la causen – ocasiona cambios cuantitativos y cualitativos en la estructura y el funcionamiento de las comunidades. Si se conocen los patrones de respuestas de las comunidades bióticas a la tensión, identificarlos puede exponer las clases de tensión que operan y, a veces, sus posibles fuentes.

La evaluación biológica de una comunidad acuática puede hacerse definiendo, midiendo y comparando su condición con la de otra similar en un hábitat prístino o mínimamente impactado, pero también monitoreando sus propias variaciones en el tiempo. Environmental Protection Agency.- U.S.A. (EPA, 1997), propone medir la estructura y la función de la comunidad a partir de la riqueza y la abundancia de especies, así como la presencia de especies indicadoras. Los denominados ‘bioindicadores’ pueden proporcionar advertencia temprana de contaminación o degradación de un ecosistema, o alertar a quienes toman las decisiones para detener o mitigar el impacto antes de que los recursos críticos se pierdan. Los bioindicadores miden contaminantes biodisponibles (Maher y Norris, 1990) y, a diferencia de los parámetros físicos, que son útiles durante un impacto, sus respuestas son acumulativas y observables después del acontecimiento causal, así que impactos episódicos tienen efectos evidentes y duraderos en la biota. La selección de bioindicadores más apropiados depende de los objetivos de una evaluación particular o un programa de monitoreo, pues pueden variar enormemente entre islas, países y regiones, según el estado de los ecosistemas, la estructura de dirección en el lugar y las condiciones socioeconómicas y políticas; no obstante, se debe tener en cuenta que ninguna especie bioindicadora satisface todos los requerimientos (Polanía, 2010).

A continuación se proponen algunos indicadores de impacto sobre ecosistemas marinos y costeros relacionados con puertos de interés. Estos indicadores pueden reflejar el grado de perturbación al que han sido sometidos, los contaminantes potenciales y sus posibles fuentes. La tabla siguiente resume los diferentes indicadores propuestos y las condiciones ambientales necesarias para su alteración.

**Tabla 4-9:** Bioindicadores propuestos para diferentes condiciones ambientales en puertos (Tomado de Polanía, 2010).

Bioindicador	Condiciones para la alteración
Especies de algas planctónicas	Calidad de aguas.
Clorofila fitoplanctónica	Estado trófico.
Molusco gasterópodo	Exposición a tributyltín (TBT), biocida componente de las pinturas que se usa en barcos
Composición y diversidad de especies de briozoos	Circulación de agua pobre, eutrofizada, salinidad fluctuante, sólidos suspendidos, altas temperaturas y variaciones en oxígeno disuelto.
Ostra tropical manglárica ( <i>Cassostrea rhizophorae</i> )	Contaminación por hidrocarburos
Macroalgas epífitas	Eutrofización
Dominancia en arrecifes de algas carnosas bentónicas ( <i>Chaetomorpha linum</i> y <i>Lyngbya</i> sp.)	Cargas de nutrientes o falta de organismos que pastorean
Blooms cianobacteriales	Baja calidad de agua
Infecciones por el hongo <i>Aspergillus</i>	Turbidez por escorrentía
Invertebrados sésiles	Eutrofización
Densidades crecientes de celobitas	
Bioerosión por esponjas y bivalvos	Aportes orgánicos crecientes
Crustáceos estomatópodos	Aguas contaminadas por hidrocarburos
Anfípodos	Sensibles a contaminantes y tóxicos agudos y crónicos

Para cada bioindicador se reseña su potencial y se recopilan las metodologías descritas para muestreo y uso<sup>9</sup>. El desarrollo de las metodologías varía ampliamente, mientras algunos indicadores cuentan con bioíndices y escalas de calificación y protocolos estrictos de muestreo, otras metodologías son incipientes.

#### **4.3.2.6 Indicadores para el componente social**

Los puertos forman parte de la vida cotidiana de muchas sociedades en el mundo. Su papel es esencial en la economía mundial y en las articulaciones comerciales necesarias entre los centros productivos y los de consumo. Sin embargo, la actividad portuaria implica una serie de impactos, amenazas y riesgos para los ecosistemas marinos y costeros y para las poblaciones vecinas, así como la sujeción a la influencia de las dinámicas socio-ambientales. De aquí se deriva un importante reto: producir unas condiciones de operación de los puertos que no afecten el equilibrio ambiental y que vigilen y mitiguen sus impactos en la calidad de vida de las personas asentadas en el área de influencia de la actividad portuaria. Para ello, es necesaria la creación de sistemas de monitoreo y seguimiento sistemático de dicha actividad que incluya un componente social para posibilitar la evaluación de los impactos y la oportuna implementación de medidas de corrección, así como la generación de estrategias de prevención de posibles futuros efectos adversos. Mediante el diagnóstico, se considera que los protocolos vigentes en los puertos colombianos no son suficientes y eficientes para el seguimiento de las interacciones entre los grupos sociales y las actividades portuarias en sus áreas de influencia debido a que la gestión ambiental se ha centrado exclusivamente en la construcción de indicadores para evaluar los cambios en los ecosistemas (Montoya et al. 2010).

La inclusión del componente social busca poner en relación a los sujetos sociales y los cambios en el medio ambiente en el área de influencia de la actividad portuaria, reconociendo la mutua implicación existente entre ellos y considerando que un sistema de gestión ambiental integral debe atender aspectos como la salud pública, la participación pública informada y el mantenimiento de la calidad de vida de los trabajadores y las poblaciones vecinas.

Los indicadores propuestos dentro del componente social del sistema de monitoreo portuario involucran a los distintos agentes sociales partícipes del sistema ambiental: comunidades locales, instituciones gubernamentales, agencias no gubernamentales y el puerto mismo. Con ello, se pone de relieve la importancia que tiene la articulación y el diálogo consensuado a la hora de minimizar los conflictos y producir formas efectivas de cooperación para el mantenimiento de condiciones ambientales favorables en el área de influencia de la actividad portuaria.

---

<sup>9</sup> Para ampliar el tema de los bioindicadores propuestos consultar el artículo "Indicadores biológicos para el monitoreo de puertos en Colombia", Polanía, J. En *gestión y Ambiente* Vol. 13 – No. 3, dic. de 2010.

En efecto, el riesgo social asociado a las amenazas causadas por las actividades portuarias deriva por un lado, de la degradación que éstas producen en el ambiente, la afectación que ocasionan en los ecosistemas y en la biodiversidad, y por otro lado, de la agudización de las amenazas inherentes a los fenómenos naturales y del aumento de la vulnerabilidad de los grupos sociales asentados en el área de influencia. La vulnerabilidad social ha sido concebida como un “déficit de desarrollo”, es decir como una carencia en las posibilidades efectivas de un grupo social específico para el logro de condiciones de bienestar (Tabla 4-10).

**Tabla 4-10:** Factores desencadenantes de vulnerabilidad social

<b>Factores desencadenantes de vulnerabilidad social en el área de influencia del puerto.</b>
Pobreza
Movilidad poblacional
Cambios en las tradiciones y la cultura local
Déficit educativo
Transformación del hábitat humano
Exposición a procesos contaminantes
Inaccesibilidad a servicios de salud
Deficiencias en el saneamiento básico
Legislación ambiental débil o inadecuadamente aplicada
Desarticulación entre instituciones para la gestión ambiental
Inexistencia de procesos de planeación ambiental participativa
Falta de procesos de educación ambiental
Indefinición de protocolos para la resolución de conflictos
Desatención de las expectativas sociales en la gestión ambiental
Falencias en la organización social y comunitaria
Carencia de un sistema de monitoreo ambiental

En este sentido, la importancia de involucrar a las comunidades asentadas en el área de influencia dentro de las actividades de monitoreo ambiental, se comprende mejor al considerar que los efectos sociales de las actividades portuarias pueden desembocar en desastres cuando las amenazas no son identificadas y controladas a tiempo. Luego del análisis, se concretan los indicadores del componente social, agrupados en tres dimensiones: la primera, el desarrollo económico local; la segunda, la gobernanza; y la tercera, el hábitat y la salud humana. La Tabla 4-11 contiene los indicadores para cada dimensión:

**Tabla 4-11:** Indicadores sociales del sistema de monitoreo ambiental propuesto para los puertos colombianos (Tomado de Montoya et al. 2010)

<b>Indicadores sociales del sistema de monitoreo ambiental portuario.</b>		
<b>Desarrollo económico local</b>	<b>Gobernanza</b>	<b>Hábitat y salud humana</b>
Participación del puerto en el empleo local.	Incidencia del puerto en la gobernanza aplicada a la gestión ambiental local.	Percepción de cambios en el entorno producto de las actividades portuarias.
Apoyo a iniciativas de emprendimiento local.	Comunicación y participación social en la gestión ambiental.	Salud de las poblaciones del área de influencia.
Participación de la actividad portuaria en los ingresos locales.	Fortalecimiento de la educación ambiental.	
Calidad de vida de las poblaciones del área de influencia directa.		

Los indicadores propuestos para la dimensión concernientes al “Desarrollo económico local”, miden la participación del puerto en la generación de oportunidades que propicien el aumento permanente de la satisfacción de las necesidades de las poblaciones vecinas, esto es, el mejoramiento constante de sus condiciones de vida. En esta dimensión, proponemos los siguientes indicadores, los cuales están compuestos a su vez por múltiples variables:

- Participación del puerto en el empleo local: Es un indicador de respuesta y de cumplimiento que busca medir las acciones del puerto tendientes a disminuir la vulnerabilidad social de su área de influencia a través del empleo de mano de obra local, que potencie el capital humano y las capacidades locales, contribuyendo al bienestar y a la calidad de vida de las poblaciones.
- Apoyo a las iniciativas de emprendimiento local: Este indicador de respuesta y de cumplimiento evalúa el aporte del puerto a las iniciativas de emprendimiento local que favorecen la creación de empresas, la diversidad de alternativas económicas y el dinamismo en las actividades productivas y comerciales.
- Participación de la actividad portuaria en los ingresos locales: Este indicador de estado realiza un seguimiento de la participación del puerto en el producto interno bruto de los municipios en los que se encuentra emplazado. Es una medición que permite visualizar la dependencia de la economía local con respecto al puerto, evaluando hasta donde los ingresos municipales derivan de las actividades portuarias.
- Calidad de vida de las poblaciones del área de influencia directa: Este indicador de respuesta está relacionado con la contribución de puerto al mejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones asentadas en el área de influencia directa. La calidad de vida engloba un conjunto complejo de componentes que incluyen la salud de las poblaciones, la libertad de movilidad y de pensamiento, los aspectos ecológicos y de conservación de su medio ambiente, entre otros.

La segunda dimensión de los indicadores sociales evalúa la “Gobernanza”, proceso mediante el cual los distintos actores de una sociedad ejercen poder y autoridad en el diseño y ejecución de políticas públicas. Se lleva a cabo por el estado, el sector privado y la sociedad civil (Ehler, 2003). Esta dimensión apunta a la medición de la articulación intersectorial e interinstitucional en relación con el mejoramiento y aumento de las capacidades individuales y colectivas para la gestión y el seguimiento ambiental de todos los actores involucrados. Los siguientes son los indicadores que miden:

- Incidencia del puerto en la gobernanza aplicada a la gestión ambiental local: Indicador de éxito y de respuesta mide el aporte del puerto a la gobernanza, es decir, mide la participación del puerto en la coordinación de actores y acciones tendientes a la planeación, la ejecución y la evaluación de la gestión ambiental del puerto. Apunta al fortalecimiento de la institucionalidad pública y de las organizaciones sociales para la participación en la gestión ambiental, favoreciendo la articulación y la cooperación con el puerto.
- Comunicación y participación social en la gestión ambiental: Es un indicador de respuesta que monitorea las acciones emprendidas por los puertos para la creación y mantenimiento de canales ágiles y efectivos de comunicación e información con la población vecina y las acciones tendientes a favorecer la participación social en la gestión ambiental portuaria.
- Fortalecimiento de la educación ambiental: Este indicador de éxito y respuesta mide el aporte del puerto en la educación ambiental para comunidades y personal portuario, y se dirige al fortalecimiento de capacidades en el uso sostenible y cuidado de los recursos naturales, el conocimiento de la legislación ambiental y la consciencia ambiental.

La tercera dimensión, “Hábitat y Salud Humana”, se encarga de realizar el seguimiento de los cambios en el entorno ocasionados por el puerto y que generan transformaciones significativas en los procesos socioculturales de las poblaciones locales.

- Percepción de cambios en el entorno producto de actividades portuarias: Indicador de estado, permite evaluar los cambios ambientales como son percibidos por la población asentada en el área de influencia de la actividad portuaria, con el fin de tomar acciones tendientes a la mitigación de los impactos o al manejo colaborativo de los mismos.
- Salud de las poblaciones del área de influencia: Este indicador de estado mide la incidencia de las actividades portuarias en el estado de salud de sus empleados y poblaciones vecinas. El indicador incluye un seguimiento al estado de nutrición y salud de la comunidad y se relaciona con los datos sobre calidad de vida.

A continuación se presentan ejemplos de las fichas metodológicas planteadas para el plan de seguimiento y monitoreo de la actividad portuaria.

**Figura 4-12:** Ficha metodológica para el monitoreo de la actividad portuaria**1. TIPO DE EMBARCACIONES**

Nombre del Indicador: 1. Número y tipo de embarcaciones.	Tipo de indicador según modelo PER (P,E,R): Estado
<p><b>1. Introducción:</b> La actividad portuaria es la razón de ser de un puerto, y es a partir de ella que se generan todos los impactos ambientales. Conocerla a fondo y tenerla bien monitoreada y disminuirá los riesgos ambientales de la operación.</p>	
<p><b>2. Situación en el puerto:</b> Reducción de Accidentes.</p>	
<p><b>3. Objetivo ambiental:</b> Evitar accidentes durante la operación.</p>	
<p><b>4. Descripción del indicador</b></p> <p>a. Definición: Tipo de embarcaciones: Descripción de la embarcación a partir de su tamaño (calado), el tipo de carga que lleva (granel líquido, granel sólido, carga containerizada, petrolero) y de la vocación (buque turístico, buque de carga, buque pesquero).</p> <p>b. Unidades de medida: Número de embarcaciones --&gt; Números enteros Tipo de embarcaciones --&gt; Unidad cualitativa</p> <p>c. Periodicidad: Para cada buque que llegue a puerto.</p> <p>d. Alcance: Puerto.</p>	
<p><b>5. Metodología de cálculo</b></p> <p>a. Variable: Número de embarcaciones- Tipo de embarcaciones.</p> <p>b. Legislación aplicable: El tipo y número de buques se reporta ante entidades del estado como el Ministerio de Transporte y se usa para la administración interna del Puerto.</p> <p>c. Herramienta de medición: Planilla. Cada buque que llegue a puerto debe reportar estas características y se debe aprobar las operaciones del mismo de acuerdo con el clima marítimo que se presente y las recomendaciones del ROM.</p> <p>d. Responsable de medición: Operación del puerto.</p> <p>e. Lugar de medición: Puerto.</p>	
<p><b>6. Referencia:</b></p>	



## 2. OLEAJE

Nombre del Indicador: 2.Oleaje.	Tipo de indicador según modelo PER (P,E,R):
<p><b>1. Introducción:</b> Al encontrarse en un ambiente marino, es indispensable para un puerto conocer los parámetros ambientales y climáticos del entorno, y conocer completamente el comportamiento del oleaje para garantizar una correcta operación, evitar accidentes y para planear futuras ampliaciones.</p>	
<p><b>2. Situación en el puerto:</b> Reducción de accidentes, eficiencia de la actividad portuaria, disminución de efectos adversos causados por infraestructura, protección de la infraestructura portuaria.</p>	
<p><b>3. Objetivo ambiental:</b> Garantizar una correcta operación portuaria y minimizar los accidentes que podrían tener efectos ambientales adversos. Evitar degradación de las playas en el largo plazo al contar con información sólida para los diseños de nuevas estructuras.</p>	
<p><b>4. Descripción del indicador</b></p> <p>a. Definición:            Altura de Ola Significante (Hs): Es el promedio del tercio superior de las olas registradas durante un estado de mar. Periodo de Pico (Tp): Es el periodo de las olas con mayor energía presentes en un estado de mar            Dirección Predominante (Dir): La dirección predominante de la propagación de las olas</p> <p>b. Unidad de medida:            Hs -&gt; metros            Tp -&gt; Segundos            Dir -&gt; Grados</p> <p>c. Periodicidad: Horaria</p> <p>d. Alcance: Entorno portuario</p>	
<p><b>5. Metodología de cálculo</b></p> <p>a. Variable: Altura de Ola Significante (Hs): Es el promedio del tercio superior de las olas registradas durante un estado de mar.            Periodo de Pico (Tp): Es el periodo de las olas con mayor energía presentes en un estado de mar.            Dirección Predominante (Dir): La dirección predominante de la propagación de las olas.</p> <p>b. Legislación aplicable: No existe en Colombia.</p> <p>c. Herramienta de medición: Boya direccional. Se debe hacer medición directa de cada uno de los parámetros usando una boya direccional o algún otro instrumento que sea capaz de medirlos. Estas mediciones deben ser procesadas cada hora (cada estado de mar) para consolidar los parámetros propuestos. Cabe la pena mencionar que estas mediciones se harán en sitios profundos pero en las cercanías del puerto para luego, mediante el uso de modelos de propagación de oleaje, poder conocer los parámetros de oleaje al interior de las áreas portuarias.</p> <p>d. Responsable de Medición: Operación del puerto.</p> <p>e. Lugar de medición: La boya debe ubicarse en un punto alejado de la infraestructura portuaria y donde no interfiera con la operación del puerto ni esté expuesta al tránsito de buques. Si el puerto se encuentra en un bahía, idealmente debe ubicarse afuera de la misma en una profundidad cercana a los 30 metros.</p> <p><b>6. Referencia:</b> En lugares del mundo con grandes puertos, existe reglamentación para restringir actividades portuarias de acuerdo con el clima marítimo que se presente. El ejemplo más claro es el ROM español.</p>	

### 1. INDICADOR DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS PARA LA PRESERVACIÓN DE LA FLORA Y LA FAUNA (ICAMPFF)

Indicador 1: ICAMPFF/AGUA	Tipo de indicador según modelo PER (P,E,R): Estado
<p><b>1. Introducción:</b> Las variables que conforman el indicador de las aguas marinas y costeras para la recepción de vertimientos atienden a la importancia ecológica de cada una de ellas, los costos de medición, manejo y sostenibilidad espacial y temporal por parte de todas las entidades involucradas en el manejo y protección del medio marino.</p>	
<p><b>2. Situación en el puerto:</b> Los derrames de hidrocarburos, la recepción y el mal manejo de residuos sólidos y líquidos se presentan en el puerto.</p>	
<p><b>3. Objetivo ambiental:</b> Representar el conjunto de características físicas, químicas y microbiológicas, que describen el estado de un cuerpo de agua marino o estuarino con relación a las condiciones ambientales que propician la preservación de la flora y la fauna.</p>	
<p><b>4. Descripción del indicador</b></p> <p>a. Definición: Índice de la calidad de la calidad ambiental de las aguas marinas y costeras PFF. Está conformado por dos conjuntos de variables, un primer conjunto comprende aquellas variables fisicoquímicas que describen la calidad ambiental a partir de sus condiciones naturales y un segundo grupo de variables, contaminantes y microbiológicas, que representan las alteraciones de dicha calidad por actividades antrópicas. Para cada variable se obtiene su índice de calidad a través de curvas de funcionamiento, las variables fisicoquímicas y la DBO5 tienen curvas de funcionamiento particulares para aguas marinas.</p> <p>b. Unidad de medida: Unidades relativas (0 – 100).</p> <p>c. Periodicidad: Trimestral.</p> <p>d. Alcance: Actividades portuarias directas.</p>	
<p><b>5. Metodología de cálculo</b></p> <p>a. Parámetro: Variables Fisicoquímicas (Demanda Química de Oxígeno (DQO), Otorfosfatos (PO4), Nitritos NO3 y Nitratos NO2, Salinidad (SAL), pH, Sólidos Suspendidos Totales (SST)). Variables Contaminantes (Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días (DBO5), Coliformes Fécenes (CFS), Coliformes Totales (CTT), Metales pesados (Hg, Pb, Cd, Cr y Cu, Hidrocarburos del petróleo: disueltos y dispersos (HDD), Plaguicidas Organoclorados).</p> <p>b. Legislación aplicable: Decreto 1594 de 1984, Artículo 45.</p> <p>c. Herramienta de medición: Capítulo 6.</p> <p>d. Responsable de Medición: Profesional de la gestión ambiental.</p> <p>e. Lugar de medición: Se determina con el área de influencia del puerto simulada con el modelo de dispersión que evalúa las emisiones puntuales y difusas que ocurrieron entre los períodos de monitoreo.</p>	
<p><b>6. Referencia:</b> Indicadores, INVEMAR.</p>	

## 19. GRUPO 8. DE METALES EN SEDIMENTOS

Grupo 8: Metales/ SEDIMENTO
<p><b>1. Introducción:</b> Los metales provienen de explotaciones mineras, procesos de metalurgia, producción de compuestos químicos, descargas de residuos domésticos, operaciones de dragado, explotaciones minerales en zonas costeras o explotaciones submarinas, lixiviación de maquinaria. La contaminación por metales pesados es peligrosa por tres características: toxicidad, persistencia y bioacumulación.</p>
<p><b>2. Situación en el puerto:</b> En todos los puertos existen actividades de dragado.</p>
<p><b>3. Objetivo ambiental:</b> Determinar la contaminación del sedimento marino generando información para la gestión ambiental que disminuya los niveles de toxicidad.</p>
<p><b>4. Descripción del indicador:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Definición: parámetros Metales.</li> <li>b. Unidad de medida: mg/Kg.</li> <li>c. Periodicidad: Trimestral.</li> <li>d. Alcance: Área de influencia del puerto.</li> </ul>
<p><b>5. Metodología de cálculo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Parámetro: Hierro, Mercurio, Cadmio, Arsénico, Cobre, Zinc, Plomo, Cromo.</li> <li>b. Legislación aplicable: Valores Guía de Canadá para sedimentos (protección de vida acuática).</li> <li>c. Herramienta de medición: En Capítulo 6.</li> <li>d. Responsable de Medición: Profesional de la gestión ambiental.</li> <li>e. Lugar de medición: Se determina con el área de influencia del puerto simulada a través del modelo de dispersión que evalúa las emisiones puntuales y difusas que ocurrieron entre los períodos de monitoreo.</li> </ul>
<p><b>6. Referencia:</b></p> <p>Valores Guía de Canadá para sedimentos (protección de vida acuática).</p>

## 1. pH DEL SUELO

Nombre del Indicador: 1. pH del suelo	Tipo de indicador según modelo PER (P,E,R): Estado-calidad
<p><b>1. Introducción:</b> El pH monitorea cambios en la concentración de iones H<sup>+</sup> en el suelo, todas las transformaciones bioquímicas del suelo están influenciadas por la actividad de los protones o H<sup>+</sup> (Alef and Nannipieri. 1995). El pH determina el comportamiento y la evolución de los compuestos y los microorganismos presentes en los suelos (Formaselect, 2008).</p>	
<p><b>2. Situación en el puerto:</b> Posibles cambios en el valor del pH por el ingreso de sustancias contaminantes en el suelo, y por el manejo inadecuado dado a este recurso (patios de carbón, zonas de riego etc.).</p>	
<p><b>3. Objetivo ambiental:</b> Determinar cambios en el pH del suelo por el ingreso de sustancias contaminantes al mismo.</p>	
<p><b>4. Descripción del indicador:</b></p> <p>a. Definición: el pH se define como el valor negativo del logaritmo de la concentración de protones: <math>pH = -\log [H^+]</math>.</p> <p>b. Unidad de medida: 1-14 unidades.</p> <p>c. Periodicidad: Trimestral.</p> <p>d. Alcance: Zona de influencia directa del puerto.</p>	
<p><b>5. Metodología de calculo:</b></p> <p>a. Variable: El pH del suelo se define como el valor medido potenciométricamente, de la suspensión obtenida por agitación del suelo con agua destilada en ciertas condiciones, determinándose con un potenciómetro precalibrado, provisto de un electrodo de vidrio. Para efectuar la medida del pH de una muestra de suelo se debe calibrar el aparato de medida (pHmetro), el cual debe ser capaz de efectuar lecturas de 0.05 unidades de pH.</p> <p>b. Legislación aplicable: Decreto 2811 de 1974 en sus artículos 171 y siguientes, ley 23 de 1973 principios generales sobre prevención y control de la contaminación del aire, el agua y el suelo. La ley 491 de 1999 define el seguro ecológico y delitos contra los recursos naturales y el medio ambiente y se modifica el Código Penal. El decreto 1686 De 2000, Reglamenta parcialmente los artículos 20, 23 y 130 de la Ley 388 de 1997 Planes de Ordenamiento Territorial. Decreto 1220 de 2005 del MAVDT, artículo 57 y siguientes de la ley 99 del 1993.</p> <p>c. Herramienta de medición: Potenciómetro portátil.</p> <p>d. Responsable de Medición: Puede realizarse por personal del departamento ambiental del puerto, pero preferiblemente es conveniente que la medida la haga un tercero que sea neutral e idóneo para ello. Que garantice un muestreo adecuado de acuerdo a las condiciones del predio y a lo dispuesto en la normativa del ICONTEC para el estudio de suelos contaminados y que además sea acreditado por el IDEAM.</p> <p>e. Lugar de medición: Instalaciones portuarias.</p>	
<p><b>6. Referencia:</b> No existe una referencia de monitoreo de suelos en los puertos colombianos. Formaselect. Gestión de Residuos Industriales. Contaminación de suelos y Aguas subterráneas. Formaselect, Madrid. 2008. P 29-39. *K Alef. P Nannipieri. Methods in applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press. 1995.</p>	

**2. EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO PST YPM10**

<p>Indicador 2. Emisiones de material particulado</p>	<p>Tipo de indicador según modelo PER (P,E.R): Presión</p>
<p><b>1. Introducción:</b> Para determinar el cumplimiento de las normas ambientales y la efectividad de las medidas de control es necesario medir cerca de las fuentes en el área del puerto.</p>	
<p><b>2. Situación en el puerto:</b> Se tienen importantes fuentes de material particulado en las pilas de carbón, vías de tránsito vehicular, la combustión de Diesel, hornos incineradores y actividades industriales que desarrollan en el puerto.</p>	
<p><b>3. Objetivo ambiental:</b> Verificar el cumplimiento de las normas ambientales, brindar información adecuada para la gestión ambiental y de la salud pública.</p>	
<p><b>4. Descripción del indicador:</b></p> <p>a. Definición: Concentración y caudal del material particulado PST y PM10.</p> <p>b. Unidad de medida: Kilómetros, microgramos / metro cúbico.</p> <p>c. Periodicidad: Cada tres (3) días.</p> <p>d. Alcance: AID Puerto (Todos los puertos).</p>	
<p><b>5. Metodología de cálculo:</b></p> <p>a. Parámetro : Concentraciones y caudales medidas y/o factores de emisión.</p> <p>b. Legislación aplicable: *Resolución 909 MAVDT 2008, *Protocolo para el control y vigilancia de fuentes fijas MAVDT. 2009, *Documento técnico sobre criterios a tener en cuenta para el desarrollo de un inventario de emisiones. IDEAM. 2005.</p> <p>c. Herramienta de medición: Medidor semiautomático Hi Vol para PST y PM10.</p> <p>d. Responsable de Medición: Profesional de la gestión ambiental.</p> <p>e. Lugar de medición: Instalaciones portuarias.</p>	
<p><b>6. Referencia:</b> Resolución 909 MAVDT 2008.</p> <p>* *Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas MAVDT. 2009</p>	

## 6. PRESENCIA DE MACROALGAS EPÍFITAS.

Indicador: 6. Presencia de macroalgas epífitas.	Tipo de indicador según modelo PER (P,E,R): Esatado
<p><b>1. Introducción:</b> La presencia de macroalgas epífitas puede determinar presencia de procesos de eutroficación en el área estudiada, por tanto su abundancia y composición de especies son unos indicadores claves para determinar los factores y actividades antrópicas que están determinando la presencia de ese proceso.</p>	
<p><b>2. Situación en el puerto:</b> No registra.</p>	
<p><b>3. Objetivo ambiental:</b> Establecer la presencia de procesos de eutroficación en los ecosistemas aledaños a la infraestructura portuaria y determinar las posibles causas de este proceso con el ánimo de establecer las medidas ambientales correspondientes para mitigar, controlar o compensar este impacto.</p>	
<p><b>4. Descripción del indicador:</b></p> <p>a. Definición: Este indicador permite establecer la composición de especies, biomasa y abundancia de las macroalgas epífitas presentes en las zonas de influencia de los terminales portuarios, permitiendo de igual modo correlacionar variables ambientales con características propias de las algas muestreadas.</p> <p>b. Unidad de medida: cobertura (m<sup>2</sup>); biomasa: g/m<sup>2</sup>;</p> <p>c. Periodicidad: Al menos semestral.</p> <p>d. Alcance: Área marina de influencia terminal portuaria.</p>	
<p><b>5. Metodología de calculo:</b></p> <p>a. Variable: Biomasa y abundancia de las diferentes especies de macroalgas registradas en el muestreo.</p> <p>b. Legislación aplicable: No registra.</p> <p>c. Herramienta de medición: Se toman de 5 a 10 muestras al azar de cada estación, evitando la inclusión de corales, esponjas o gorgonas grandes (&gt; 5 cm). La biomasa se expresa como gramos de peso húmedo por metro cuadrado. Todas las especies deben ser registradas y las cinco más abundantes de pesan separadamente tras combinar las muestras de cada estación. Los muestreos se deben hacer al menos dos veces al año, considerando: sitio, estación, fecha, peso húmedo, biomasa en g.m<sup>-2</sup>, especies, las cinco dominantes, biomasa de especies dominantes. para abundancia se toman muestras de cuadrantes de 0,5 x 0,5 m separados 6 m a lo largo de transectos hasta un máximo de 20 por estación. Los cuadrantes se dividen con hilos en celdas de 5 x 5 cm y se anotan presencia-ausencia por especie, para calcular porcentaje de cobertura por sitio. La información debe cruzarse con temperatura, salinidad, minutos de luz promedio por mes, velocidad máxima del viento, promedio de altura de la ola y análisis de nutrientes. Los coeficientes de correlación de Pearson permiten determinar relaciones entre las variables ambientales y la abundancia con las trasformaciones antes señaladas para normalidad.</p> <p>d. Responsable de Medición: Gestión Ambiental del Puerto. Específicamente Biólogos o Biólogos Marinos.</p> <p>e. Lugar de medición: Área de influencia del terminal portuario.</p>	
<p><b>6. Referencias:</b> *CARICOMP. 2001. Methods manual levels 1 and 2: Manual of methods for mapping and monitoring of physical and biological parameters in the coastal zone of the Caribbean. CARICOMP Data Management Center, Univ. West Indies, Jamaica. 85 p.</p> <p>Thacker, R.W.; V.J. Paul. 2001. Are benthic cyanobacteria indicators of nutrient enrichment? Relationships between cyanobacterial abundance and environmental factors on the reef flats of Guam. Bul. Mar. Sci., 69(2): 497–508.</p>	

## 1. PARTICIPACIÓN DEL PUERTO EN EL EMPLEO LOCAL

Indicador: 1. Participación del puerto en el empleo local.	Tipo de indicador según modelo PER (P,E,R): Respuesta
<p><b>1. Introducción:</b> Es un indicador de respuesta y de cumplimiento que busca medir las acciones del puerto tendientes a disminuir la vulnerabilidad social de su área de influencia a través del empleo de mano de obra local, que potencie el capital humano y las capacidades locales, contribuyendo al bienestar y a la calidad de vida de las poblaciones.</p>	
<p><b>2. Situación en el puerto:</b> * Generación de expectativas en las comunidades.</p>	
<p><b>3. Objetivo ambiental:</b> Contribuir al desarrollo económico y social de la zona, disminuyendo la vulnerabilidad social y contribuyendo el bienestar y la calidad de vida de las poblaciones locales. Aportar al sustento de la población con el fin de atenuar la presión sobre los recursos naturales.</p>	
<p><b>4. Descripción del indicador:</b></p> <p>a. Definición: Empleo directo e indirecto formal creado por el puerto para la población del área de</p> <p>b. Unidad de medida: Porcentaje.</p> <p>c. Periodicidad: Anual.</p> <p>d. Alcance: Entorno portuario, entidades territoriales de emplazamiento.</p>	
<p><b>5. Metodología de cálculo:</b></p> <p>a. Parámetros (variables-): 1) Participación de la población de AID en los empleos directos generados por el puerto=<math>\frac{\text{de empleos ejercidos por pobladores locales}}{\text{total de empleos del puerto}} \times 100</math>; 2) Participación del puerto en el empleo local= <math>\frac{\text{\# personas del área de influencia en empleos directos del puerto}}{\text{población local económicamente activa}} \times 100</math>; 3) Participación en el empleo indirecto formal local = <math>\frac{\text{\# personas en empleos indirectos formales}}{\text{población local económicamente activa}} \times 100</math>; 4) Percepción local sobre la participación del puerto en el empleo local = <math>\frac{\text{\# familias en el área de influencia directa cuya fuente de ingresos principal proviene del puerto}}{\text{\# familias encuestadas en el área de influencia}} \times 100</math>.</p> <p>b. Legislación aplicable: Guía de gestión ambiental para actividades portuarias (2004).</p> <p>c. Herramienta de medición: Establecer el total de personas económicamente activas en el área de influencia del puerto. Establecer el número de empleados del puerto que viven en el área de influencia directa. Establecer el número de empleos indirectos formales e informales relacionados con actividades portuarias realizados por personas que viven en el área de influencia directa. Posibles fuentes de información: índice GINI, Sisben, Planes de desarrollo y de gobierno, POT y otras fuentes de estadísticas institucionales, oficina de asuntos laborales del puerto. Encuesta: ocupación de cada uno de los miembros</p> <p>d. Responsable de Medición: Gestión humana, recursos humanos. Equipo de profesionales encargados de la gestión social (un profesional de las ciencias sociales con especialización o maestría y un profesional de apoyo).</p> <p>e. Lugar de medición: Población del área de influencia.</p>	
<p><b>6. Referencias:</b> *MAVDT. Guía Ambiental de seguimiento Portuario, 2004. *Robert E. Bowen, Cory Riley. Socio-economic indicators and integrated coastal management. En: Ocean &amp; Coastal Management. Volumen 46, Issues 3-4, Pages 221-390 (2003).Pages 299-312.</p> <p>Charles N. Ehler. Indicators to measure governance performance in integrated coastal management. En: Ocean &amp; Coastal Management. Volumen 46, Issues 3-4, Pages 221-390 (2003). Pages 335-345.</p> <p>Conesa Fernández-Vitora Vecente. Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa. 2a edición. 1995. Paginas 175-286.</p>	

## 5. Discusión

Antes de desarrollar un modelo metodológico que permita establecer o modificar un plan de monitoreo ambiental es necesario contar con estudios de caracterización muy completos y analíticos, que describan el ambiente natural y social existente con el que interactúa el proyecto portuario, además de modelar escenarios naturales, por ejemplo, de las variables climáticas y oceanográficas de un lado, y también extrapolarlo con condiciones de operación normal y con la presencia de fenómenos adversos e imprevistos. De esta manera, una vez seguida la metodología, los indicadores propuestos que resulten de la evaluación e identificación de impactos estarán soportados y sustentados, lo que permitirá planear y ser más audaz a la hora de plantear zonas de muestreo para el seguimiento, lo que permite construir mejores planes de contingencia, de mitigación, entre otros.

La metodología construida se realizó en puertos en operación. Esta propone tres fases principales para la construcción de un sistema de indicadores ambientales para el seguimiento y monitoreo portuario, estas fueron: Diagnóstico del monitoreo, Evaluación ambiental (incluye identificación de impactos ambientales y evaluación del riesgo) y la Definición de Indicadores. Mediante el diagnóstico se pudieron evidenciar algunas falencias en la toma de datos con los indicadores medidos, posiblemente por que algunos están mal planteados, no se observa una periodicidad en la medición o se usan diferentes metodologías, que no permiten hacer comprobables los resultados, esto se ve reflejado en vacíos de información y plantea la necesidad de reestructurar el plan de monitoreo. El diagnóstico en esta metodología es un punto focal que permite identificar las realidades del monitoreo, equiparar los elementos de mayor fortaleza para retomarlos o de debilidad para replantearlos en la gestión ambiental. Con el diagnóstico y una evaluación ambiental integradora de todas las causas y los efectos que genera, y de las consecuencias que trae consigo las operaciones portuarias al entorno natural, social y viceversa, se puede determinar donde están las principales amenazas que pueden generar insostenibilidad del ambiente y por ende de la actividad, permitiendo establecer indicadores de medición más oportunos.

Las tres etapas propuestas en esta metodología (diagnóstico, evaluación y definición de indicadores) son aspectos de la gestión ambiental que busca hacerla más eficiente, siempre y cuando además de un acertado diagnóstico, en la evaluación ambiental se incluyan o se analicen todos los aspectos naturales, sociales y antrópicos relevantes de la relación puerto-entorno-puerto y sus posibles riesgos, con el fin de tener bajo control y mediante el monitoreo, el mayor número de variables posibles y todas las amenazas que se puedan presentar, significando menos probabilidad de accidentes, mejores planes de contingencia.



Comparada con la metodología propuesta por Darbra et al. (2003; 2005), mientras esta principalmente se encarga de evaluar como esta la gestión ambiental en general de un puerto o una zona portuaria, este trabajo busca mejorar la misma gestión ambiental pero desde la propuesta de mejores planes de monitoreos que deben ser insertos en un sistema de indicadores para el seguimiento ambiental.

Algunas de las metodologías usadas históricamente para el establecimiento de un plan de monitoreo, excluyen del seguimiento los movimientos portuarios que amenaza el ecosistema, los eventos naturales que ponen en riesgo la operación portuaria, y el componente social principalmente, como se pudo evidenciar en la propuesta de Peris et al. (2005), donde no se incluyen algunas de estas. Esta metodología usada permite incluirlos dentro del monitoreo, situación que lo convierte en apropiado y novedoso cuando se quiere tener un adecuado manejo de los impactos ambientales y un uso racional de los recursos naturales.

La metodología para el sistema de indicadores, propone una evaluación que incluya la descripción de las relaciones causa-efecto, pero recomienda también la modelación de variables climatológicas (en indicadores para el componente de la calidad del aire y agua), además de la representación prospectiva de la evolución del sistema (recurso natural – actividad), con el fin de gestionar adecuadamente los impactos identificados, buscando la adopción de medidas de manejo articuladas.

Los ejercicios de modelación deben progresar e integrar cada vez más actividades que se dan dentro del puerto. Considerando que varios puertos se encuentran en plena área urbana, se debe ampliar un poco la cobertura de los estudios de ruido ambiental hacia las poblaciones adyacentes.

Además de la utilidad intrínseca, los esfuerzos dirigidos a elaborar indicadores han sido importantes como guías e impulsos para la integración y sistematización de información ambiental. Su elaboración ha exigido un esfuerzo importante de recopilación y análisis de los datos, los cuales, a su vez, han obligado a la definición tanto de estrategias para recopilar e integrar bases de datos, como de procesos para evaluar su calidad.

Los indicadores propuestos para el monitoreo portuario en este sistema deben ser concertados y planificados por etapas para su implementación, dando un tiempo prudencial en la medida de lo posible, debido a la complejidad que se puede generar al ingresar o sustraer indicadores de los planes de monitoreo. Se debe realizar seguimiento al comportamiento de los indicadores con respecto a la información que se busca o desea determinar con estos (datos deseables según la contaminación del puerto y evolución del impacto monitoreado), los indicadores deberán ser validados en cada puerto con el fin de ser lo más acertado en su aplicación. No basta con elaborar un sistema de indicadores para que funcione bien, esta no sólo debe estar dotado buenas variables de medición, si no que es necesario realizar lecturas integrales y transversales de la información que se obtiene de los impactos generados en cada componente. En este sentido, tanto administradores portuarios como autoridad ambiental deben procurar

por una mayor conciencia de protección de los recursos naturales, generar vínculos entre las autoridades ambientales, institutos de investigación y actores sociales, que es una de las principales limitantes del quehacer frente al ambiente, con la meta del desarrollo sustentable. Esto se puede lograr mediante la creación o el fortalecimiento de comités interinstitucionales e inter y multidisciplinarios donde confluyan las distintas entidades gubernamentales (ambiente, salud, cultura y social) y no gubernamentales, así como instituciones académicas, entre otras, con interés en el seguimiento y monitoreo ambiental portuario, para que se encarguen de evaluar los recursos naturales en zonas portuarias, que pueden estar siendo transformadas por la operación de estos.

El programa de monitoreo que se debe implementar en un puerto o zona portuaria, tiene que ser flexible para dar cabida a monitorear sustancias que generan impactos no considerados o previstas en el plan. Estos pueden tener ocurrencias muy esporádicas, generados por emergencias o contingencias (derrames, vertimientos, exposición, etc.) que necesitan y deben ser monitoreadas con la metodología que la autoridad ambiental considere necesaria y el tiempo que se estipule.

Las fichas del monitoreo aquí planteadas son un ejemplo de cómo pueden ser, cuando se quiere estandarizar unos métodos de medición. Esto permite obtener valores comparables indistintamente del sitio de medición, además puede reducir las suspicacias en los resultados de la medición de los impactos con los diferentes indicadores propuestos. Debido a esto estos indicadores no son exclusivos para ser utilizados en la zona portuaria del estudio de caso si no que pueden ser utilizados en diferentes puertos. Lo principal es que hay que adaptarlo con un estudio de riesgos de la zona donde se quiera implementar.

Los sistemas de indicadores que se puedan construir a través de esta ruta metodológica deben ser evaluados y validados en terreno, además de hacerle seguimiento. No se debe imponer un nuevo sistema de gestión ambiental si no es concertado.

Por último, cabe recordar que el desarrollo de sistemas de indicadores ambientales, además de otras herramientas de evaluación, debe ser un proceso continuo, que se adapta según las necesidades de cada iniciativa. Es fácil prever que su alcance e importancia será cada vez mayor en una sociedad más participativa que requiere y exige información objetiva y confiable para formar sus puntos de vista y tomar así sus propias decisiones. No basta con llenar planillas para presentar informes de cumplimiento ambiental, si no que se debe realizar por parte de la autoridad ambiental un análisis completo de la información que se obtiene del sistema de indicadores con el fin de procesarla adecuadamente.

## 6. Conclusiones

Se logró la construcción de una ruta metodológica para la elaboración de un sistema de indicadores ambientales de la actividad portuaria planteado en el objetivo general, a través de la inclusión y análisis de las operaciones, los movimientos de carga, variables naturales (oceanografía, hidrología, geomorfología), el diagnóstico del monitoreo actual junto con la valoración ambiental que integra la evaluación del riesgo (amenazas y vulnerabilidad), además se apoyó en un grupo expertos para el análisis de cada componente y así llegar a formular indicadores para cada dimensión (física, biótica y social), aplicándolo en un estudio de caso en la zona portuaria de Santa Marta. Cabe resaltar que con la simple propuesta metodológica no es suficiente para integrar el monitoreo, es necesario que los resultados sean leídos transversalmente.

Para el análisis se toman algunas metodologías (descripción en el apartado 2.2), aplicadas en la construcción de indicadores para el monitoreo ambiental de la actividad portuaria, con el fin de realizar comparaciones y extraer de éstas todos los elementos aplicables a nuestro contexto ambiental, sin perder de vista la zonificación de ubicación de nuestros puertos y la sostenibilidad de la actividad, que en últimas es el propósito de un plan de monitoreo. Se determinó una metodología muy similar a lo que se realizó en este trabajo, con la diferencia que aquí se realizó y dio importancia a elementos como: los movimientos portuarios, evaluación de las amenazas, relevancia al componente social, entre otras.

Según lo planteado en el objetivo específico 4, esta herramienta metodológica logró la integración del monitoreo con los indicadores propuestos dentro en un sistema, para el seguimiento ambiental, a partir del análisis de la actividad portuaria (actividades de operación y vocación de los puertos descrito en la sección 4.2) y desde la interacción puerto – entorno – puerto, permitiendo constituir una línea base articulada entre lo ambiental, lo social y lo institucional objeto de la gestión, en relación a la actividad económica.

A partir de la descripción de las actividades en la operación portuaria que generan impactos reseñadas en el objetivo específico 1, se planteó la evaluación ambiental que integró el riesgo que representan las amenazas naturales (oleaje, vientos, huracanes, sismos, precipitación, temperatura y nivel del mar) y las de origen antrópico (impactos de la actividad) dentro de la matriz, para de esta forma definir las variables o indicadores para el seguimiento de los impactos, que se proponen en el plan de monitoreo ambiental, referidas en objetivo específico 2.

Mediante el planteamiento de la matriz simple, diligenciada por el método de expertos, se identificaron 20 actividades diferentes en la operación portuaria referidas en el objetivo específico 1, que pueden llegar a generar impactos en el ambiente y 7 amenazas naturales capaces de alterar las operaciones, a la vez se observa dos tipos de vocaciones (monopropósito y multipropósito) diferentes en la zona portuaria analizada, que permite plantear dos matrices de evaluación de impacto ambiental.

Los puertos monopropósito realizan menos actividades (se identificaron 15 actividades) comparados con los que movilizan carga general, por lo que es necesario plantear dos matrices diferentes.

Se determinaron 5 indicadores para el monitoreo y seguimiento de la actividad portuaria de la siguiente manera; 3 para el componente de oceanografía, uno para hidrología al igual que para la geomorfología; 15 parámetros y 4 grupos para el componente de calidad de aguas marinas y costeras; 6 parámetros y 7 grupos de relacionados con la calidad de sedimentos; 8 indicadores para la calidad de suelos; 8 indicadores para la calidad del aire; 14 bioindicadores para la dimensión biótica y 9 indicadores para la dimensión social.

El estudio de caso realizado y planteado en el objetivo específico 5, evidencia la necesidad de establecer líneas base de caracterización ambiental con el fin de tener la posibilidad de constituir puntos comparativos del estado de los recursos naturales del pasado con lo actual. De otro lado sugiere la prioridad del uso de modelos y simulaciones (variables océano – clima) de fenómenos naturales y de efectos adversos con el fin de ser acertados con el monitoreo (como se mencionó en el apartado 2.1.2 y en el diagnóstico).

Los indicadores del monitoreo obtenidos aplicando la metodología y monitoreados a través del plan de manejo, una vez implementados y validados, se deben protocolizar para su aplicación con el fin de estandarizar los métodos, evitando de esta forma que se realicen monitoreos diferentes y desajustados. No basta con la implementación de un sistema de indicadores ambientales para lograr un manejo adecuado y la sostenibilidad del sistema económico, ambiental y social, es necesario coincidir en una mesa de trabajo participativa interinstitucional e inter-disciplinar (que involucre todos los actores con interés) que realice los análisis a los resultados de los informes del monitoreo, con el fin de adoptar medidas planificadas y concertadas.

Un sistema de monitoreo ambiental riguroso se convierte en una herramienta eficaz de gestión para la planificación y la prevención, lo que puede significar ahorros de capital para los puertos debido a la minimización de los efectos ambientales adversos, para la comunidad y los ecosistemas en el área de influencia. La aplicación de un monitoreo serio acarrea grandes beneficios para los puertos tanto como para las comunidades en el área de influencia en dirección al bienestar social y económico.

El monitoreo social para el desarrollo de la actividad portuaria debe verse como un elemento constituyente de todo el contexto ambiental y no aislado de él, reconociendo que todo impacto ambiental tiene la posibilidad de generar conflicto, o dificultades en las relaciones comunitarias, desigualdades sociales, entre otras, que puede desembocar en restricciones de las operaciones o de negativas para el licenciamiento por parte de las autoridades ambientales.

Debe ser prioridad para el monitoreo proteger la salud humana y el bienestar de la población (expresado por ejemplo en los indicadores sociales), con el fin de garantizar un adecuado aprovechamiento de los recursos naturales para preservar la integridad de los ecosistemas.

El conocimiento que se obtiene a través de los sistemas de indicadores es útil para reducir la incertidumbre sobre lo que conocemos del sistema, pero no la elimina. La visión que se realiza a partir de indicadores es una visión simplificada e imperfecta de la realidad, por lo que se requiere de evolucionar de planes de monitoreo que miden variables simplificadas y específicas a planes de monitoreo con sistemas de indicadores que son integradores de la evaluación de los impactos en todo el sistema.



## Bibliografía

Aguirre, R. M. 2002. I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente. Los sistemas de indicadores ambientales y su papel en la formación e integración del medio ambiente. Madrid – España.

Alcaide J.F; Gutiérrez B; Valdés G. 2004. Sistema de indicadores medio ambientales para el análisis de la calidad ambiental en consejos populares del municipio Bauta. GeolInfo. Ciudad de La Habana. 16p.

Alonso D., Sierra, P., Arias, F. y Fontalvo, M. 2003. Conceptos y Guía metodológica para el Manejo Integrado de Zonas Costeras en Colombia, manual 1: preparación caracterización y diagnóstico. Serie de Documentos Generales de INVEMAR No. 12, 94p.

Ángel, E., Carmona, S., Sánchez, F. 2003. Indicadores socioculturales para la evaluación y seguimiento de la dimensión social en los EIA y PMA. En Revista Gestión y Ambiente, Vol. 6. No. 1. Pp. 5-16.

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). 2003. Programa de información de indicadores de gestión de riesgo de desastres naturales. IDEA, Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Colombia. Pp. 19.

Barragán J. M. 1997. Medio ambiente y desarrollo en las áreas litorales: Guía práctica para la planificación y gestión integradas. Oikos-tau, S.A. Barcelona. 159 p.

Becker, A., Inoue, S., Fischer, M., Schwegler, B. 2011. Climate change Impacts on international seaports: knowledge, perceptions, and planning efforts among port administrators. Journal Climate Change, published online.

Bedoya, G.; Correa, I.; Hermelin, M.; Mejía, L., Toro, M. 2006. Metodología para la elaboración y puesta en marcha del plan de prevención y atención de desastres. Plan Municipal de emergencias para municipios costeros. Universidad EAFIT. Medellín.

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). 2003. Programa de información e indicadores de gestión del riesgo de desastres naturales. IDEA. Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Pp. 19.

Brundtland, G. 1987. Our common future. Brundtland report. World Commission on Environment and Development. United Nations –ONU- .

Canter, L. 1998. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Editorial Mc Graw Hill, 2a Ed., USA.Pp. 36.

Cantu, M., Becker, A., Bedano, J., Schiavo, H. 2007 Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. *Cienc. suelo* [online].2007, vol.25, n.2, pp. 173-178. ISSN 1850-2067.

Cardona, O.D. 1986. Enfoque metodológico para la evaluación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo sísmico. Memorias de seminario nacional sobre prevención y manejo de catástrofes naturales. Asociación de Ingenieros Estructurales. Medellín, Colombia.

Chen D., Rolston D., Moldrup P. 2000. Coupling diazinon volatilization and water evaporation in unsaturated soils: I. *Water transport, Soil Science* 165(9), 681-689.

Comisión de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (CNU-MAD), 1993. Agenda 21. {En Línea}. [www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda 21](http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda%2021). (Consulta junio, 2010).

Conesa, V. 1997. Auditorias Medio Ambientales. Editorial Mundi-Prensa, 2a Ed. España. 412 p.

Consejo Nacional de Política Económica y Social. Departamento Nacional de Planeación (CONPES 3343). 2005. Lineamientos y estrategias de desarrollo sostenible para los sectores de agua, ambiente y desarrollo territorial. Bogotá, Colombia.

Correa, M., Saldarriaga, J.C., Molina, F. 2009. Material particulado, normativa y realidad en el Área metropolitana del Valle de Aburrá. II Congreso Nacional y Conferencia Internacional de Salud Pública y Calidad del Aire. Cartagena.

Correa, E. 1999. Impactos socio – económicos de grandes proyectos. Evaluación y Manejo. Fondo FEN. Santa Fe de Bogotá, Colombia. 498 p.

Crespo, C., Ripoll, V., Crespo, A., Giner, A. 2005. La sostenibilidad ambiental en el sistema portuario de Titularidad Estatal. XIII Congreso AECA. España.

Darbra, R.; Ronza, A.; Stojanovic, T.; Wooldridge, C.; Casal, J.; Wooldridge, C. 2005. A procedure for identifying significant environmental aspects in sea ports. En: *Marine Pollution Bulletin*. Volume 50. Issues 8, august 2005. Pp. 866-874.

Darbra, R.; Ronza, A.; Casal, J.; Stojanovic, T.; Wooldridge, C. 2004. The Self Diagnosis Method: A new methodology to assess environmental management in sea ports. En: *Marine Pollution Bulletin*. Volume 48. Issues 5-6, march 2004. Pp. 420-428

Documento Conpes 3611. 2009. Consejo Nacional de Política Económica y Social. Departamento Nacional de Planeación. Plan de expansión portuaria 2009-2011: Puertos para la competitividad y el desarrollo sostenible. Bogotá, Colombia.

Documento Conpes 3342. 2005. Consejo Nacional de Política Económica y Social. Departamento Nacional de Planeación. Plan de expansión portuaria 2005-2006. Estrategias para la competitividad del sector portuario. Bogotá, Colombia.



Documento Conpes 3343. 2005. Consejo Nacional de Política Económica y Social. Departamento Nacional de Planeación. Lineamientos y estrategias de desarrollo sostenible para los sectores de agua, ambiente y desarrollo territorial. Bogotá, Colombia.

Documento Conpes 3164. 2002. Consejo Nacional de Política Económica y Social. Departamento Nacional de Planeación. Política Nacional ambiental para el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia. Plan de acción 2002 – 2004. Bogotá, Colombia.

Ehler, C. 2003. Indicators to measure governance performance. In integrated coastal management. 46: 335 – 345.

Environmental Protection Agency. 2003. Ambient water quality criteria for dissolved oxygen, water clarity and chlorophyll a for the Chesapeake bay and it's tidal tributaries. EPA. Annapolis Mariland, p. 101-137.

Environmental Protection Agency. 1997. Recommended guidelines for sampling marine sediment, water column, and tissue in puget sound. Washington. 59 pp.

Fernández, N., Solano, F. 2005. Índices de calidad y de contaminación del agua. Universidad de Pamplona.

Formaselect. 2008. Gestión de Residuos Industriales. Contaminación de suelos y aguas subterráneas. Formaselect, Madrid.

Garay, J. 2004. Programa nacional de investigación, evaluación, prevención, reducción y control de fuentes terrestres y marinas de contaminación al mar. PNICM. Instituto de investigaciones marinas y costeras "José Benito Vives de Andrés". INVEMAR, Santa Marta. Pp. 20.

García, L. 2005. Lineamientos para la selección y uso de indicadores de sostenibilidad y desempeño ambiental como herramienta de la gestión empresarial para Interconexión Eléctrica S.A. Tesis de Maestría Medio Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. P 368.

Guhl, N. 1998. Guía para la gestión ambiental regional y local. Bogotá. Colombia.

Gutiérrez, A., Muriel, R. 2004. Planeación Urbana. Editorial Lealon. Medellín, Colombia.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales "IDEAM". 2004. Guía para el monitoreo y seguimiento del agua. Bogotá, Colombia.

\_\_\_\_\_. Protocolo medición de ruido. Bogotá, 2009.

Jiménez, J., Pulgarín, D. 2010. Sistema de indicadores de la calidad del aire para puertos colombianos. En: Revista Gestión y Ambiente. Volumen 13 – No. 3 Diciembre de 2010. Universidad Nacional de Colombia y Universidad de Antioquia.

Knut, A., Kjell, A., Frode, B., Hilde, L., Karine N., Hans, V. 1992. Environmental Indicator. Discussion Paper. No. 71. Pp. 13-14. Oslo, Noruega.

Labodová, A. 2004. Implementing integrated management systems using a risk analysis based approach. The institute of Engineering, VSB – technical University of Ostrava. Elsevier. Journal of Cleaner Production. P 517-580.

Lavell, A. 1996. Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos: hacia la definición de una agenda de investigación. En: ciudades en riesgo: degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres en América Latina. La red. Lima, Perú. Disponible en [www.desenredando.org/public/libros/1996/cer](http://www.desenredando.org/public/libros/1996/cer) (consultado el 16 de julio de 2010).

Martner, Carlos. 1999. El puerto y la vinculación entre lo local y lo global. EURE (Santiago) [online]. Vol.25, n.75. Pp. 103-120.

Maher, W., Norris, R. 1990. Water quality assessment programs in Australia deciding what to measure, and how and where to use bioindicators. Environmental Monitoring and Assessment. 14: 115-130.

Manteiga, L. 2000. Los indicadores ambientales como instrumento para el desarrollo de la política ambiental y su integración en otras políticas. Publicado en: estadística y medio ambiente. Instituto de estadística de Andalucía. Sevilla. p 75-87. España.

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial y Ministerio de Transporte. 2004. Desarrollo sectorial sostenible. Terminales portuarios, guía ambiental. Pp. 117-126. Bogotá.

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. 2009. Diseño del programa de seguimiento ambiental permanente del estado de los recursos naturales en varias áreas portuarias del país. Convenio interadministrativo 122-2008. Dirección de Licencias Permisos y Trámites Ambientales - Universidad Nacional de Colombia. Proyecto de Consultoría. Colombia.

Montoya, V., Puerta, C., González, L. 2010. El componente social en los sistemas de monitoreo ambiental: hacia un manejo integrado de la actividad portuaria. En: Revista Gestión y Ambiente. Volumen 13 – No. 3 Diciembre de 2010. Universidad Nacional de Colombia y Universidad de Antioquia.

Nicholls, R., S. Hanson, C. Herweijer, N. Patmore, S. Hallegatte, J. Corfee-Morlot, J. Chateau, R., Muir-Wood. 2007. Ranking port cities with high exposure and vulnerability to climate extremes: Exposure estimates. OECD Environment working Paper 1, ENV/WKP(2007)1. Paris, France.

OECD. 1993. Environmental indicators for environmental performance reviews. Organización para la cooperación y el desarrollo Económico. No.83 París, Francia.

OECD. 1994. Core set of environmental indicators. París, Francia.

OECD. 2003(a). INECE-OECD Workshop on Environmental Compliance and Enforcement Indicator: Measuring What Matters. Discussion paper. P 18.

OECD. 2003(b). Environmental indicators: Development, measurement and use. reference paper. P 37.

Osorio, A., Quintana, Y. 2010. Metodología para la construcción de indicadores ambientales para el monitoreo de puertos. En: Revista Gestión y Ambiente. Volumen 13 – No. 3 Diciembre de 2010. Universidad Nacional de Colombia y Universidad de Antioquia.

Osorio, A., Ortega, S., Agudelo, P. (b). 2010. Definición de indicadores para actividad portuaria, oceanografía, hidrología y geomorfología en zonas portuarias. En: Revista Gestión y Ambiente. Volumen 13 – No. 3 Diciembre de 2010. Universidad Nacional de Colombia y Universidad de Antioquia.

Peris-Mora, E., Diez, J.M., Subirats, A., Ibañez, S., Alvarez, P. 2005. Development of a system of indicators for sustainable port management. Marine Pollution Bulletin 50. Valencia. España.

Polanco, C. 2007. Hacia una propuesta de indicadores ambientales para el departamento de Antioquia a partir del análisis de los indicadores implementados por las entidades ambientales. Tesis de Maestría Medio Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Polanía, J. 2010. Indicadores biológicos para el monitoreo de puertos en Colombia. En: Revista Gestión y Ambiente. Volumen 13 – No. 3 Diciembre de 2010. Universidad Nacional de Colombia y Universidad de Antioquia.

Puertos del Estado. 1999. ROM 3.1-99. Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos; Canales de Acceso y Áreas de Flotación. Ministerio de Fomento.

Quintero, L., Agudelo, E., Quintana, Y., Cardona, S. 2010. Determinación de indicadores para la calidad del agua, sedimentos y suelos marinos y costeros en puertos colombianos. En: Revista Gestión y Ambiente. Volumen 13 – No. 3 Diciembre de 2010. Universidad Nacional de Colombia y Universidad de Antioquia.

Ramírez, A., Viña, G. 1998. Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. BP-Exploración. Bogotá.

Superintendencia de Puertos y Transporte. Ministerio de Transporte. 2010. Movimientos de carga por los puertos de Colombia, informe consolidado año 2009. Oficina de Planeación. Colombia.

UNESCO. 2011. Intergovernmental Oceanographic Commission. Ejercicio Caribe Wave 11. Un ejercicio de alerta de tsunami en el Caribe. Manual del participante. Technical Series No. 93. Pp. 8.

Urzelai, A., Olazabal, M., García, G., Santa, O. Herranz, K., Abajo, B., Acero J.A. Feliu, E., Aspuru, I. 2006. Modelización de un sistema territorial “urbano-rural” para la evaluación de su sostenibilidad. Aplicación a una zona representativa del País Vasco.

Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo (pdf). No. 1. Bizkaia. España.

Wathern, P. 1988. Enviroment Impact Assessment. Unwin Hyman. Londres.Pp. 28.