

# *Metodología para la construcción de indicadores ambientales para el monitoreo de puertos*

## *Methodology to define environmental indicators to monitor ports*

Recibido para evaluación: 11 de Octubre de 2010  
Aceptación: 04 de Noviembre de 2010  
Recibido versión final: 10 de Noviembre de 2010

Andrés F. Osorio Arias<sup>1</sup>  
Yamith A. Quintana Hernández<sup>2</sup>

### **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, con el fin de mejores monitoreos a la calidad ambiental en zonas portuarias y, además, apoyar 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.

**Key Words:** Ports, monitoring, indicators, environmental management plan, environmental impacts.

---

*1. Dr. Profesor Asociado. Escuela de Geociencias y Medio Ambiente*

*2. Ing. Esp. Estudiante. Maestría Medio Ambiente y Desarrollo. Escuela de Geociencias y Medio Ambiente*

*Grupo de Investigación en Oceanografía e Ingeniería Costera (OCEANICOS)*

*Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín.*

*afosorioar@unal.edu.co*

## 1. INTRODUCCIÓN

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>1</sup>. Sin embargo, las crisis económicas históricamente gobernadas por ciclos parecen indicar que el comercio mundial tenderá a crecer en el largo plazo. 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 lo anterior, podemos agregar que aproximadamente el 77% del volumen de mercancías que se transportan en el mundo transitan por los puertos<sup>2</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, un 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 la economía local. A pesar de que el transporte marítimo es considerado, desde el punto de vista de la eficiencia energética, como el más amigable con el ambiente<sup>3</sup>, comparado con los otros medios de transporte, por los grandes volúmenes de carga y las distancias recorridas, obteniendo mayores rendimientos debido al bajo consumo de combustible consumido por kilómetro recorrido con carga transportada, se opina que no es el transporte, sino lo que sucede en tierra, en las costas, que son los puntos de ubicación de las infraestructuras y las operaciones portuarias (espacio muy comúnmente compartido con centros poblados), los que modifican o alteran las condiciones naturales de los recursos y las dinámicas sociales en las áreas de influencia. Esto 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, pero sin las herramientas para prevenir o manejar las contingencias que se presenten.

En Colombia, dadas las políticas de expansión portuaria decretadas por el Consejo Nacional de Política Económica y Social (Documentos CONPES 3149 y 3164, entre otros), se define la necesidad de impulsar programas para el manejo integrado de las áreas marinas y costeras y el uso sostenible de sus recursos, por 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. Sobre el mismo, se han generado cuestionamientos críticos de la sostenibilidad futura de los ecosistemas marino-costeros, debido, en buena medida, a la deficiente gestión ambiental en la operación de los puertos y a la no-planificación del crecimiento poblacional. Por esta razón, se debe contar con herramientas útiles para realizar los seguimientos pertinentes a los impactos generados por la actividad y entregar a la autoridad ambiental unos instrumentos para la toma de decisiones y la adopción de medidas oportunas.

Se pretende, con esta investigación, elaborar una herramienta metodológica para construir indicadores ambientales, con el fin de realizar el monitoreo y seguimiento de los impactos de la actividad portuaria, en los componentes físico, biótico y social, vistos integralmente, teniendo en cuenta el contexto portuario colombiano, que además sea transferible a cualquier otra realidad portuaria mundial. Cabe resaltar que para la construcción e implementación, siempre se requerirá un exigente y profundo conocimiento de las dinámicas ecosistémicas del ambiente marino y costero. El plan de monitoreo propuesto es un esfuerzo por adecuar y afinar variables e indicadores que han sido validados en legislaciones nacionales e internacionales, los cuales deberán ser concertados y planificados para su implementación en el corto, mediano y largo plazo, involucrando instituciones, autoridades y todos los actores con interés. Mediante la implementación de herramientas como ésta 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 correcta gestión del medio ambiente para un certero crecimiento económico y un gran salto hacia la sostenibilidad ambiental.

1. OMC. *Informe sobre el comercio mundial, 2009. Compromisos de política comercial y medidas de contingencia*.

2. UNCTAD. *Forum de comercio internacional. N° 2, 2009*.

3. Crespo S., Ripoll, V. *XIII Congreso AECA, 2005*.

## 2. METODOLOGÍA

Dada la necesidad de contar con herramientas que permitan realizar un análisis integral del estado de los recursos naturales en las zonas costeras de cara a la sostenibilidad ambiental, esta investigación aborda la problemática generada por el desarrollo y expansión de proyectos portuarios, para plantear mecanismos que ayuden a identificar y establecer indicadores para el seguimiento al uso y aprovechamiento de los recursos naturales por esta actividad de desarrollo económico. El estudio hace mucho énfasis en la metodología a seguir para construir y establecer indicadores de monitoreo a la actividad portuaria

Buscando entender mejor la compleja problemática ambiental que genera la actividad portuaria, el estudio se inicia con la recopilación y el análisis de información primaria y secundaria de nueve puertos en Colombia (American Port Company Inc. – DRUMMOND LTD, Colclinker – Cementos Argos S.A., C.I Prodeco- Productos de Colombia S.A., Carbones del Cerrejón LLC. Cerrejón. Puerto Bolívar, Sociedad Portuaria Río Córdoba S.A., Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla S.A. – SPRB, Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura S.A. – SPRBUN, Sociedad Portuaria Regional de Cartagena S.A. y Sociedad Portuaria Regional de Santa Marta S.A), revisada por un grupo multidisciplinario de investigadores conformado para este fin, con experiencia en la identificación de impactos ambientales en los diferentes componentes que aquí se analizaron: medio físico, biótico y social, además de la interacción entre cada uno de ellos.

La investigación se cumplió en tres etapas principales que se describen a continuación:

### 2.1. Diagnóstico del monitoreo actual

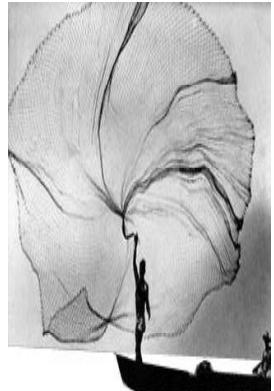
Este diagnóstico consistió en la revisión de los expedientes (Planes de manejo, licencias para operación o ampliación, resoluciones, autos, estudios generales, informes de cumplimiento ambiental, guías institucionales, entre otros) de cada uno de los puertos estudiados con el fin de determinar lo siguiente:

- a. Contexto de ubicación geográfica y entorno portuario: se recopiló información básica del entorno ecosistémico, geográfico y social de ubicación de los puertos.
- b. Operaciones portuarias y movimientos de carga: aquí se identificaron las principales operaciones de cada puerto y se recopiló información histórica de los movimientos de carga así como de sus proyecciones.
- c. Monitoreo actual aplicado en el seguimiento ambiental: a parte de la información secundaria, se verificó en campo (información primaria) en visita a cada uno de los puertos, recopilando además información de primera mano a través de conversaciones con los encargados de la gestión ambiental y social y de indagaciones sobre el monitoreo aplicado y las herramientas de trabajo utilizadas.
- d. Revisión de literatura con metodologías establecidas para la definición de indicadores para el monitoreo ambiental.

### 2.2. Evaluación ambiental

A partir del conocimiento del contexto portuario, se realizó la evaluación ambiental, analizada con la siguiente información:

- a. Identificación de las principales actividades portuarias: se identificaron actividades generalizadas comunes, procesos naturales y sociales asociados a la actividad de los nueve puertos; se tomó como base, los resultados de INDAPORT en España (Peris- Mora et al., 2005), para esta fase.



- b. Elaboración del diagrama de flujo de entradas y salidas: siguiendo la metodología del autor anteriormente mencionado, se elaboró el diagrama de flujos con las actividades portuarias comunes en todos, lo que permitió identificar los impactos asociados a cada una de las actividades portuarias.

A través del análisis de las dos fases anteriores, ha sido posible identificar y separar, de acuerdo a su vocación, dos tipos de puertos, buscando un mejor entendimiento de los procesos e impactos ambientales ocurridos en la operación de los mismos. De esta manera, se separaron en puertos de un solo propósito (monopropósito: carbón y clinker) y de diferentes propósitos (multipropósito: carga general e incluso carbón). Cabe aclarar que esta clasificación no es pertinente en todos los componentes estudiados.

- c. Evaluación del riesgo y de los impactos ambientales: se recolectó información de fuentes secundarias y se complementó con metodologías de identificación y relación de impactos y amenazas naturales de acuerdo al entorno, avaladas internacionalmente.
- d. Redefinición del componente físico de la investigación: de acuerdo a los resultados de la evaluación del riesgo y de las fases anteriores analizadas, además de apoyarse en el contexto de ubicación de los puertos, se redefinió la dimensión física que debe ser analizada en el estudio. Es así como se incluyó en el análisis el componente de monitoreo de la actividad portuaria que permitió identificar la amenaza de la operación en el entorno desde diferentes puntos de análisis, medida con diferentes indicadores como se puede ver en los resultados; la geomorfología, oceanografía y hidrología permitieron conocer las amenazas naturales que pueden interferir en las condiciones de operación normal, por lo que deben restringirse algunas operaciones con el fin de evitar desastres.
- e. Elaboración de la matriz de identificación y evaluación de impactos ambientales (matriz causa-efecto de Leopold, 1971, citado en Conesa, 1997), calificada mediante el método Delphi; los impactos fueron planteados por el grupo de investigadores con base en la revisión bibliográfica y la experiencia personal.



### 2.3. Propuesta de indicadores para el plan de monitoreo

Una vez identificados los impactos generados por la actividad portuaria al ambiente, se revisó la documentación existente y se propusieron los indicadores más acertados para permitir monitorear y comprender los cambios generados al ecosistema y al componente social. En caso de que no existan los indicadores, éstos se debieron proponer. A continuación, se muestran los pasos para llegar al plan de monitoreo.

- a. Definición de indicadores y/o variables: una vez identificados los impactos mediante la matriz, se estableció un indicador para su medición según la metodología difundida por la OCDE, 1991 y 1994, de clasificarlos en indicadores de Presión- Estado- Respuesta (Modelo PER).
- b. Justificación del indicador: se describió la importancia de la medición del indicador propuesto.
- c. Metodología o técnica para la medición del indicador: se describió una metodología, la que mejor se adaptó y con la cual se pudo obtener mejores resultados, con el fin de estandarizar la metodología; además, este indicador debió hacer parte de un grupo de indicadores de medición propuesto para cada componente.
- d. Revisión de la normativa nacional e internacional: se realizó con el fin de comparar los umbrales o valores de referencia de los indicadores y/o variables propuestos, buscando determinar límites de permisibilidad para las condiciones mínimas y máximas de alteración ambiental de algún medio impactado y de las condiciones necesarias para la operación normal del puerto (amenazas naturales y antrópicas).
- e. Elaboración de la ficha metodológica para el seguimiento ambiental en la cual se planteó el indicador a medir, el tipo de indicador (modelo PER, si aplica), el objetivo ambiental, la descripción del indicador, la metodología de cálculo, y la referencia (Ver: Figura 2. Ficha metodológica).

La propuesta metodológica explicada anteriormente se resume en el siguiente diagrama de la Figura 1.

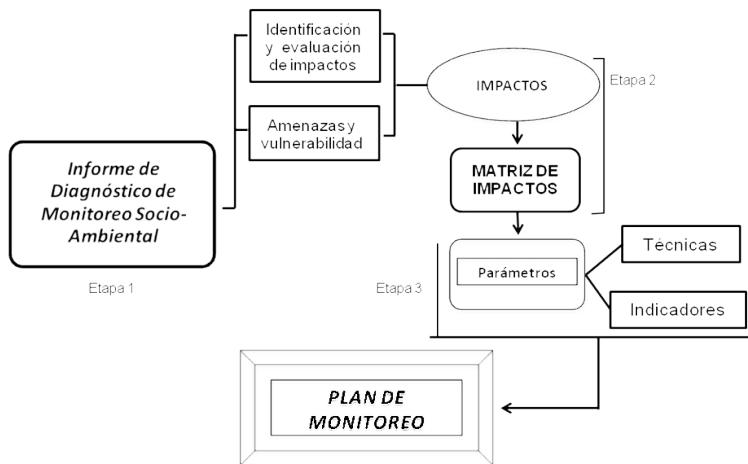


Figura 1. Diagrama metodológico

### 3. RESULTADOS

Este trabajo está basado en la formulación de una ruta metodológica para construir indicadores con el fin de realizar el seguimiento y monitoreo ambiental de la actividad portuaria, que es el objetivo principal de la investigación, por lo que se darán los resultados centrales y el camino trazado hasta llegar a la propuesta de los indicadores.

Después de revisar los recursos bibliográficos importantes a nivel nacional e internacional en la búsqueda de material de apoyo, se encontró que lo más parecido realizado a lo que se pretende formular y lograr con esta investigación, es una propuesta elaborada por Peris, *et al.* (2005), en la cual se propone el diseño de un sistema de indicadores ambientales para el sistema portuario español. Además de lo anterior, se siguió el modelo propuesto por la OECD de indicadores de Presión- Estado- Respuesta (modelo PER), en algunos componentes cuando éstos se pudieron adaptar, y 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).

#### 3.1. Diagnóstico del monitoreo ambiental

La primera etapa de la ruta metodológica para la construcción de indicadores de puertos en operación, de los cuales se requiere mejorar la gestión ambiental, se basó en una revisión cuidadosa de la información secundaria, en la cual se identificó lo que se monitorea en la actualidad, para poder detectar los vacíos de información y realizar la proyección de las necesidades de monitoreo futuro. Este diagnóstico apuntó a definir las bases para mejorar la calidad de la información que se puede recopilar mediante los indicadores propuestos, con el fin de mantener estándares de calidad ambiental en las zonas de influencia. Se inició siguiendo el proceso que se describe a continuación:

- Se revisó toda la información posible acerca de cada puerto, ubicación geográfica y zonificación ambiental.
- Se pasó a la recopilación de datos sobre operaciones portuarias, movimientos históricos de carga, estudios de caracterización socio- ambiental, planes de manejo ambiental, informes de cumplimiento ambiental, resultados de monitoreos históricos, contexto social y político de la zona donde se ubica el puerto, política sectorial, política ambiental, normatividad, entre





- otros. En el caso de la construcción de nuevos proyectos portuarios, se debe contar con estudios previos de las condiciones sociales y ecosistémicas iniciales, antes de la construcción y operación del proyecto; si son zonas ya intervenidas donde se instalará el puerto, se debe extraer estudios de áreas adyacentes no intervenidas con condiciones ecosistémicas idénticas, con el fin de ir restableciendo su estado inicial a través del tiempo.
- c. Toda la información recopilada debió contrastarse y verificarse en trabajo de campo, teniendo en cuenta el análisis de la información, componente por componente, en cada puerto (actividad portuaria, oceanografía e hidrología, calidad de aguas, sedimentos, suelos y aire, componente biótico y social). Además se identificaron 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.
  - d. Pasamos a la revisión de literatura con metodologías establecidas. En esta etapa, se detectaron los vacíos de información con respecto a algún componente, es decir, si los estudios de base sobre la caracterización para las dimensiones física, biótica y social eran suficientes para poder determinar un valor- parámetro de comparación en cada indicador, en cada componente, además de compararlo con los valores límites permisibles de la normatividad nacional e internacional existente.

En otro sentido, el monitoreo social para el desarrollo de la actividad portuaria debió 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, dificultades en el relacionamiento comunitario, las desigualdades sociales, el estancamiento del desarrollo de la población, entre otras, que pueden desembocar en las restricciones de las operaciones o de negativas para el licenciamiento por parte de la autoridad.

Fue necesario conocer el contexto local y regional principalmente de la zona de ubicación del puerto, realizado a través de información recopilada en la misma zona y en las entidades de administración local y regional. Se debió ajustar las herramientas necesarias para hacer el seguimiento a los impactos sociales generados. En este sentido, se recomienda establecer una línea base en cada zona de ubicación de los puertos con información básica para determinar un estándar de calidad con respecto a la participación del puerto en el mantenimiento o mejoramiento de las condiciones sociales de población impactada del área de influencia, de acuerdo a unas necesidades encontradas y frente a posibilidades de desarrollo económico y social.

En resumen:

1. Geoposicionado el puerto, se determina el contexto ecosistémico y social que lo rodea, con el fin de identificar los componentes más frágiles de acuerdo a la riqueza socio- ambiental.
2. Luego, se procede a describir las operaciones o vocación portuaria con lo que se define el tipo de puerto y sus potenciales amenazas al entorno.
3. Se continua con la revisión del monitoreo aplicado, el plan de contingencia y los planes de prevención y mitigación de impactos, con el fin de determinar la amplitud del monitoreo de acuerdo al entorno ecosistémico.
4. Investigado lo anterior, se revisa la literatura concerniente a metodologías aplicadas para la determinación de indicadores de seguimiento en los monitoreos portuarios.

### 3.2. Evaluación ambiental

La evaluación ambiental permite principalmente identificar impactos generados por la operación de los puertos de acuerdo a las actividades que realizan; estos impactos son valorados cuantitativa y cualitativamente con el fin de priorizar acciones de intervención y de manejo.

- a. La evaluación se inicia con la identificación de las actividades generales (Ver: tabla 1.) que se realiza en la operación del puerto, las cuales son susceptibles de generar impactos, pero además, se apoya en la información de contexto obtenida en el diagnóstico.

b. Con la identificación de los procesos y las actividades que se realiza en la operación del puerto, se elabora un diagrama de flujo, tomando actividad por actividad (desde la recepción de materiales o insumos, pasando por el almacenamiento temporal hasta la exportación o importación); a través de éste, se prevé los posibles efectos que cada actividad puede generar en el ambiente (calidad de aguas, sedimentos, suelos, aire, biótico y social). Los aspectos identificados se utilizan para caracterizar el impacto ambiental que sirva de base en un sistema de indicadores de gestión sostenible. Es esencial para:

- (a) analizar el impacto potencial,
- (b) descubrir su nivel de importancia, y
- (c) establecer, en su caso, la correlación entre los diferentes impactos (Peris *et al.* 2005).

En el caso de los puertos estudiados en esta investigación y después del análisis anterior, se identifican dos tipos de operaciones principales realizadas: puertos de un solo propósito o monopropósito manejando carga de carbón o clinker, y puertos de diferentes propósitos o multipropósito que manejan carga general e incluso carbón. A partir de esta observación se sugiere separarlos debido a la alta complejidad en las diferentes interacciones ambientales de un puerto multimodal, comparado con la simplicidad de un puerto de una sola vocación.

#### · Definición de los componentes ambientales de estudio:

Definidas las operaciones portuarias, se realiza un análisis de los elementos del ambiente con los que un puerto en operación interactúa, de acuerdo a la zona de ubicación, a la biodiversidad y al establecimiento de centros poblados o asentamientos humanos en la zona de influencia. Para ilustrar, tomamos como ejemplo la operación de almacenamiento, carga y descarga de graneles sólidos: bajo condiciones de operación con amenaza natural de fuertes vientos, si el material de carga es carbón, los vientos dispersan el material particulado –**se afecta la calidad del aire respirable, pudiendo conllevar un conflicto social si se afecta la salud**–; este mismo material particulado más pesado cae al agua y puede depositarse en el fondo marino o en el lecho de un ecosistema dulce- acuático –**se afecta la calidad del agua y de sedimentos, incidiendo la biota marina y generando a la vez un conflicto social con la comunidad de pescadores**–; además las partículas dispersas también pueden caer al suelo o impregnarse en casas y utensilios –**contaminando el suelo y generando molestia a la comunidad**–.

Con los elementos anteriormente definidos, podemos determinar de forma sencilla que la actividad portuaria impacta los componentes de aguas (marina y continental), sedimentos, suelos, aire, biótico y social, pero 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 desastres naturales o sociales, ya que se puede vulnerar la infraestructura portuaria.

c. Determinados los componentes ambientales y teniendo en cuenta el contexto de ubicación geográfica de cada uno de los puertos, se procede a elaborar el análisis de las amenazas naturales (Ver: tabla 1) y de la vulnerabilidad, y la evaluación del riesgo ambiental, ya que para el desarrollo de una propuesta coherente e integral de indicadores, es muy importante el conocimiento de la interacción puerto- entorno- puerto en la medida en que permite adoptar técnicas preventivas más que correctivas o de mitigación. De otro lado, en la metodología, se debe identificar además de las amenazas de la actividad portuaria al ambiente, las amenazas y la vulnerabilidad de carácter natural, social y antrópico. Correa *et al.* (2009) mencionan que las amenazas inducidas por el hombre, a las que se enfrenta el puerto, son el riesgo de la actividad portuaria y de los ecosistemas frente al entorno y el riesgo de los ecosistemas frente a la actividad portuaria.

En otro 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: 21) propone una clasificación de las mismas en cuatro categorías: naturales, socio- naturales, antrópico- contaminantes y antrópico- tecnológicas (Ver: tabla 2.). No obstante la anterior clasificación de las amenazas, se considera que existe otro tipo, netamente social, que contribuye a poner en



riesgo la actividad portuaria como lo establecen Dabra *et al.* 2009, quienes listan los elementos considerados dentro de esta clasificación.

**Tabla 1. Actividades y amenazas naturales de los puertos**

No.	ACTIVIDADES PORTUARIAS	AMENAZAS NATURALES
1	Tráfico marítimo	Oleaje
2	Tráfico fluvial	Vientos
3	Tráfico terrestre y ferreo	Huracanes
4	Procesos industriales	Sismos
5	Almacenamiento, carga y descarga de productos de hidrocarburos.	Precipitación
6	Almacenamiento, carga y descarga de graneles líquidos.	Temperatura
7	Almacenamiento, carga y descarga de graneles sólidos.	Nivel del mar
8	Almacenamiento, carga y descarga de mercancía general contenerizada.	
9	Almacenamiento, carga y descarga de mercancía general no contenerizada.	
10	Manipulación y transformación de graneles sólidos perecederos.	
11	Servicios portuarios complementarios.	
12	Servicios administrativos.	
13	Servicios sanitarios.	
14	Operaciones de emergencia.	
15	Actividades de mantenimiento y limpieza en el puerto.	
16	Dragado y disposición.	
17	Tratamientos de residuos Marpol.	
18	Obras civiles.	
19	Instalaciones y mercancías abandonadas o en desuso.	
20	Relaciones con la comunidad.	
21	Cargue y descargue de trenes.	
22	Cargue y descargue de pasajeros.	

Fuente: Agudelo *et al.*, 2010, en esta misma edición.

**Tabla 2. Amenazas de la actividad portuaria sobre los ecosistemas**

SOCIO- NATURALES	ANTRÓPICO- CONTAMINANTES	ANTRÓPICO- TECNOLÓGICAS
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.		

Fuente: Montoya *et al.*, 2010, en esta edición.

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 en el 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, sino también de acuerdo a unos volúmenes de carga movilizados ya que éstos podrán amenazar en mayor o menor proporción al ambiente. En otros términos, un puerto que moviliza anualmente 2'000.000 de toneladas de carga general puede generar un impacto de menor magnitud que aquel que moviliza 10'000.000 de toneladas. Por esto, es necesario e importante llevar un manejo de estas estadísticas.

- d. Redefinición del componente físico. Lo anterior justifica la inclusión en la dimensión física, además de los componentes estudiados, del análisis de la actividad portuaria, y del monitoreo de fenómenos naturales que inciden en la operación normal del puerto como la geomorfología (evolución morfológica), la oceanografía (nivel del mar, oleaje, corrientes) e hidrología (caudal), ésta última por el caso de puertos ubicados en ríos y por el uso de agua de servicios, proveniente de éstos, que pueden tener alguna incidencia en los caudales.
- e. Con la información hasta aquí recopilada y analizada, se elabora la matriz de impactos ambientales que trae como novedad la inclusión de las amenazas naturales identificadas en el contexto de ubicación de cada puerto; además se define una matriz para puertos monopropósito y otra para puertos multipropósito; con las actividades y los impactos definidos, se procede a realizar la calificación cualitativa y cuantitativamente con un grupo de profesionales, expertos institucionales con experiencia en el tema, basados en la matriz propuesta por Leopold en 1971. Una vez identificados los impactos y su magnitud, se realiza la definición de los indicadores y/o variables para monitorear los impactos.

En resumen:

1. Identificación de las principales actividades realizadas por el puerto (Ver: tabla 1).
2. Elaboración del diagrama de flujo y determinación de los impactos posibles. Esto debe realizarse con un grupo multidisciplinario de expertos en cada componente analizado.
3. Definición de los componentes ambientales de análisis de acuerdo a la naturaleza de los impactos. Así se determinan los componentes físico, biótico y social.
4. Planteamiento de la evaluación de riesgos ambientales de cada puerto, identificando amenazas y vulnerabilidad de la interacción puerto- entorno- puerto (Ver: tablas 1 y 2).
5. Integración de las actividades portuarias y planteamiento del monitoreo de fenómenos naturales (oceanografía, geomorfología, e hidrología) al componente físico del análisis de estudio, que pueden incidir en las operaciones normales del puerto.
6. Elaboración de la matriz simple de Leopold calificada por el método Delphi. Para este estudio, se realizaron dos matrices de acuerdo a la naturaleza de los impactos: una para puertos monopropósito con 15 actividades y 7 amenazas contrastadas con 60 impactos (matriz de 22 x 60); otra matriz para puertos multipropósito con 22 actividades y 7 amenazas contrastadas con 60 impactos (matriz de 29 x 60). Por facilidad de trabajo, se recomienda trabajar con matrices más simplificadas.

### 3.3. Propuesta de indicadores

Dada la complejidad del análisis del estudio y la necesidad de formular indicadores sencillos para el monitoreo ambiental, además de tener en cuenta que la construcción de indicadores es un proceso largo de medición e investigación, se proponen muchos de los parámetros/variables como los mismos indicadores, como sucede en el componente oceanográfico, calidad de aguas, calidad de suelos, entre otros.

- a. Definición de indicadores y/o variables. La ruta utilizada para la formulación de indicadores en general consiste 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 otro, de la vulnerabilidad o susceptibilidad de las comunidades humanas y bióticas a dichas amenazas. El desarrollo de indicadores cuantitativos y cualitativos permite obtener índices numéricos que facilitan la toma de decisiones en relación con las políticas ambientales (por ejemplo protección del medio ambiente en los alrededores de los puertos), estableciendo, así, si determinada política es más o menos sostenible que otra (Cendrero, 1997 en Alcaide, 2004).



Para la elaboración de los indicadores, tenemos en cuenta las opiniones de autores como Cantú *et al.* (2007) quienes han definido los indicadores como variables que resumen información, haciendo que un fenómeno o proceso se haga perceptible, y además permiten comunicar, medir y cuantificar información relevante.

Los indicadores propuestos deben hacer parte de un grupo o sistema de indicadores de medición para cada componente analizado, de manera que unificados proporcionen información más relevante.

b. Pasamos a la justificación del indicador. Estos indicadores pasan por un proceso de evaluación: de acuerdo a las condiciones que se dan en la zona de influencia de los puertos, se validan, y se justifica su pertinencia y medición; además se soporta con bibliografía y valores de referencia si los hay.

La justificación se da también de acuerdo al riesgo ambiental y social que representa, y tiene en cuenta la insostenibilidad que puede generar el impacto.

- c. Definición de la metodología o técnica para la medición del indicador: se revisa las metodologías existentes establecidas y validadas, y de todas éstas, se define la que mejor se adapte, y de forma clara y sencilla, muestre los resultados más completos. Se debe tener en cuenta las recomendaciones de los institutos de investigación y de las autoridades ambientales en esta materia; y, en lo posible, para el monitoreo, se debe trabajar con laboratorios certificados.
- d. Se procede con la revisión de la normativa internacional y nacional para comparar los rangos de permisibilidad dados para las zonas portuarias y validarlos en el contexto local. De acuerdo a la especificidad de cada uno, se deberán adaptar, acoger o descartar.
- e. Para finalizar se debe proponer una ficha metodológica resumen para el monitoreo ambiental con el fin de estandarizar un método de muestreo de análisis y de medición de indicadores específicos (Ver: ficha metodológica de monitoreo).

En resumen:

1. Definición de indicadores y/o variables.
2. Justificación del indicador.
3. Definición de la metodología o técnica para la medición del indicador.
4. Revisión de la normativa internacional y nacional.
5. Elaboración de fichas resumen de la medición de indicadores.

#### 4. CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR

Se detalla a continuación la metodología para la construcción de los indicadores. Estos indicadores de la actividad portuaria aquí propuestos responden a la evaluación de las amenazas de la actividad y a la vulnerabilidad del ecosistema y de la infraestructura portuaria (posición geográfica, amenazas naturales). Esto debe realizarse para cualquier tipo de puerto, independientemente de la ubicación geográfica, ya que permite identificar el potencial de riesgo de la actividad para generar impactos y modificar el ambiente natural.

Se parte de la etapa 2 ya que la etapa 1 se debe cumplir para puertos en operación cuando se desea reorganizar el monitoreo portuario.

Analicemos la formulación del indicador propuesto para el monitoreo de la calidad del aire **Emisiones de Material Particulado**, con el fin de entender cómo se llega a la construcción. El punto de partida es la identificación de las principales actividades que realiza un puerto en operación.



### ***Evaluación Ambiental***

**Actividades portuarias.** Se parte de la identificación de las principales actividades que realiza un puerto en operación y que pueden alterar la calidad del aire. Entre éstas, encontramos labores de tráfico de transporte terrestre y maquinaria, carga y descarga gráneles sólidos (vegetales), cargue de carbón, clinker, entre otras (Ver: tabla 1). Identificadas las actividades, se elabora el diagrama de flujo de la actividad de cargue y descargue de mercancía general, con el fin de identificar los residuos generados en el proceso.

**Diagrama de flujo.** Se procede con el análisis del diagrama de flujo con el fin de identificar los residuos generados en la actividad de cargue y descargue. Esta exploración permite caracterizar el impacto. Por referencias de información secundaria (puertos antes de operar) y a través de la observación en campo de las operaciones, se verifica que estas actividades, bajo condiciones de operación normal, están o no generando polución, debido a las partículas diminutas que están contenidos en la carga, y que se dispersan en el ambiente por el viento, desde el punto de emisión hasta la zona de influencia directa que puede ir más allá de las instalaciones portuarias, y puede llegar a afectar las condiciones de calidad de la salud de la población trabajadora del puerto y zona aledaña, por respirar aire contaminado con partículas que son absorbidas por las vías respiratorias de los seres humanos; se caracteriza el impacto como Emisiones de material particulado.



**Evaluación del impacto:** Con el análisis anterior, se comprueba que la actividad portuaria impacta el medio físico de la calidad del aire; se complementa con la evaluación del riesgo ambiental de la actividad que es, de forma general, lo que interesa por la alteración de la calidad del aire, y se puede realizar un análisis minucioso del riesgo ambiental del impacto pero, para ello, se requiere mucha información que complica el análisis.

**Matriz de identificación y evaluación de impactos:** Identificadas las actividades e identificado el impacto, se contrasta a través de la matriz de evaluación con el fin de cualificar y cuantificar qué tan severo resulta el impacto en el ambiente. Para ello, se debe definir con qué metodología de las existentes se planteará la matriz (Conesa Fernández, 1997). Uno de los métodos más acertados y que aquí se recomienda para realizar la evaluación ambiental, es el método Delphi que resulta muy útil debido a los diferentes puntos de vista de acuerdo a la diversidad del conocimiento, experiencia e intereses, aunque se puede incurrir en errores por obtener conceptos subjetivos y parcializados por lo que se recomienda discernir con más de una opinión de experto.

A través de la calificación cuantitativa, y de acuerdo a unos valores o escalas definidas según la metodología evaluada, se puede revelar qué tan impactante hipotéticamente pueden resultar los efectos que modifican la calidad del aire en la eventualidad de no ser manejados. Según los resultados del análisis anterior y de acuerdo a la severidad de los impactos, se prioriza el manejo de los mismos para la mitigación de impactos.

Una vez identificados el impacto y su severidad, se define el indicador para el monitoreo de acuerdo a la información que se requiera de él, en este caso, de las emisiones de material particulado que están alterando la calidad del aire; se busca conocer cuánto se emite a la atmósfera para proyectar los efectos adversos al ambiente y a la salud. Lo más importante es que éste se adapte a las condiciones de la actividad, que sea sencillo de medir y entregue información relevante.

**Propuesta de indicadores:** Estos indicadores deben contener las metodologías de análisis y de muestreo, así como la periodicidad; además se requiere realizar un comparativo con la normatividad existente en lo posible. (Ver: ficha de monitoreo con la descripción del indicador, Figura 2).

Indicador 2. Emisiones de material particulado	Tipo de indicador, modelo (P.E.R): <u>Presión</u>
<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.	
<b>2. Situación en el puerto:</b> Se tienen importantes fuentes de material particulado en las pilas de carbón, las vías de tránsito vehicular, la combustión de Diesel, los hornos incineradores y las actividades industriales que desarrollan en el puerto.	
<b>3. Objetivo ambiental:</b> Verificar el cumplimiento de las normas ambientales, y brindar información adecuada para la gestión ambiental y de la salud pública.	
<b>4. Descripción del indicador.</b>	
<b>a. Definición:</b> Concentración y caudal del material particulado PST y PM10.	
<b>b. Unidad de medida:</b> Kilómetros, microgramos / metro cúbico.	
<b>c. Periodicidad:</b> Cada tres (3) días.	
<b>d. Alcance:</b> Área de influencia directa del puerto para todos los puertos.	
<b>5. Metodología de cálculo.</b>	
<b>a. Parámetro:</b> Concentraciones y caudales medidas y/o factores de emisión.	
<b>b. Legislación aplicable:</b> *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.	
<b>c. Herramienta de medición:</b> Medidor semiautomático Hi Vol para PST y PM10.	
<b>d. Responsable de Medición:</b> Profesional de la gestión ambiental.	
<b>e. Lugar de medición:</b> Instalaciones portuarias.	
<b>6. Referencias:</b>	
*Resolución 909, MAVDT, 2008.	
** Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas, MAVDT. 2009.	

**Figura 2. Ficha metodológica para el monitoreo**

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones



La metodología propuesta para construir indicadores para el seguimiento de la calidad ambiental en las zonas portuarias, es el resultado de la experiencia y el conocimiento de investigadores en cada tema, con el se pretende mejorar y estandarizar el monitoreo y seguimiento ambiental en los puertos.

Los puertos vienen adelantando los mayores esfuerzos para realizar los monitoreos en las componentes que han previsto en el plan de manejo ambiental, pero aún no son suficientes para generar los menores impactos posibles en sus zonas de influencia ya que no hay constancia en la toma de datos.

Como transformador en este estudio se propone monitorear permanentemente la actividad portuaria implementando 5 indicadores a medir (número y tipo de embarcaciones, cantidad y tipo de carga, combustibles, horas de operación restringida, permanencia del buque en puerto). De esta forma se puede conocer las amenazas a las que se enfrentan los puertos. Muchas de estas variables son monitoreadas con fines estadísticos, pero no se integran al plan de gestión ambiental. Además, se propone monitorear permanentemente variables geomorfológicas (evolución morfológica), oceanográficas (oleaje, nivel del mar, corrientes) e hidrológicas (caudal), que se constituyen en amenazas de la operación y de la infraestructura portuaria. Para mayor detalle, se puede ver Osorio *et al.* (2010), en esta misma edición.

La calidad del agua es lo más monitoreado, pero sus datos no son constantes, lo que dificulta su análisis y la evolución de la contaminación en el tiempo. Se puede estar incurriendo en errores metodológicos para la toma de las muestras debido a la ausencia de métodos estándar en algunas variables; además se debe trabajar con laboratorios certificados para tener

mayor confiabilidad en los resultados. Es necesario unificar trabajos en puertos ubicados en centros poblados ya que pueden existir factores independientes de las actividades portuarias que generan mayores problemáticas de contaminación ambiental y que igualmente, generan efectos adversos en la salud de la población del área de influencia. La discusión de los indicadores propuestos en el tema de calidad del agua, sedimentos y suelos se presenta en Cardona *et al.* (2010), en esta misma edición.



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 (MIC) para reducirlos o revertirlos. El grupo de los denominados indicadores biológicos o bioindicadores proporcionan información sobre la salud de un ecosistema, pues la tensión 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 discusión de los indicadores propuestos en el tema biológico se presenta en Polanía (2010), en esta misma edición.

Esta metodología hace mucho hincapié en incluir las condiciones sociales de las poblaciones vecinas ya que, en otros estudios, no se le ha dado tanta relevancia. En el contexto nacional, encontramos que las poblaciones asentadas en los alrededores de los puertos generalmente son en zonas deprimidas. El monitoreo social presenta nueve indicadores de seguimiento incluidos en tres escalas de clasificación. En este sentido, se debe de realizar una caracterización previa de las condiciones sociales de la población y el territorio en el área de influencia de un proyecto portuario. La metodología propone que el análisis del componente social se haga de manera integral con el fin de avanzar aún más sobre los estándares mundiales, ya que existe una estrecha relación entre la sociedad y el ambiente, y generalmente toda actividad humana tiene implicaciones sobre éste. La discusión de los indicadores sociales propuestos se presenta en Montoya *et al.* (2010), en esta misma edición.

## 5.2. Recomendaciones

Los indicadores propuestos para el monitoreo portuario deben ser concertados y planificados por etapas para su implementación, en la medida de lo posible, además deben estipular un tiempo prudencial para su cabal cumplimiento.

Los programas de monitoreo obligatorios en cada puerto deben ser flexibles para dar cabida a sustancias que generen impactos no considerados. Estos pueden ocurrir esporádicamente por emergencias o contingencias (derrames, vertimientos, exposición, etc.) que necesitan y deben ser monitoreadas con la metodología que la autoridad ambiental considere necesaria y en el tiempo que se estipule.

Se debe crear o fortalecer Comités Interinstitucionales 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 administrar los recursos naturales en las zonas portuarias que pueden estar siendo transformadas por la operación de los puertos.

El monitoreo de puertos debe ser apoyado por un mejoramiento de la red pública de estaciones de medición de parámetros ambientales. Así, la implementación de redes de vigilancia por parte de las instituciones (IDEAM, MAVDT, DIMAR, INVEMAR, entre otros) en las grandes áreas portuarias urbanas, se puede contrastar y entender mejor con la información reportada por los puertos. Para ampliar la reflexión sobre los indicadores de calidad del aire, se puede consultar a Jiménez y Pulgarín (2010), en esta misma edición.

## AGRADECIMIENTOS

Este artículo, como también los cinco siguientes, se ha realizado gracias a la producción intelectual y metodológica de sus autores, del equipo de investigadores del proyecto y de los asistentes de apoyo en el contexto del Contrato Interadministrativo N° 122/08, suscrito entre el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y la Universidad Nacional de Colombia, para el desarrollo del estudio «DISEÑO DEL PROGRAMA DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL PERMANENTE DEL ESTADO DE LOS RECURSOS NATURALES EN VARIAS ÁREAS PORTUARIAS DEL PAÍS».

Los autores expresan su gratitud a cada uno de los estudiantes por su participación en la construcción de los informes finales del proyecto (especialmente a Alejandra González y a David Pulgarín), a la oficina de Dirección de Licencias, Permisos y Trámites Ambientales, por el trabajo realizado conjuntamente con los autores, a cada uno de los Puertos que son competencia del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, por su colaboración tendiente a sembrar las bases del futuro monitoreo ambiental con los mejores estándares de calidad internacionales, y a todas las instituciones que han apoyado el proceso: el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, IDEAM; el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, INVEMAR; el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, CIOH; la Corporación Autónoma del Río Grande de la Magdalena, CORMAGDALENA. Y finalmente agradecen la asesoría internacional prestada por el Instituto de Hidráulica Ambiental, IH Cantabria.

## BIBLIOGRAFÍA



- Alcaide J.F; Gutiérrez B. y Valdés G., 2004. Sistema de indicadores medio ambientales para el análisis de la calidad ambiental en consejos populares del municipio Bauta. GeoInfo. Ciudad de La Habana. 16 P.
- Cantu M. P., Becker A., Bedano J. C., Schiavo H. F., 2007 Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. Cienc. suelo [online], ISSN 1850-2067.vol.25, n.2, pp. 173-178.
- Conesa Fernández, V., 1997. Auditorias Medio Ambientales. Editorial Mundi-Prensa, 2a Ed. España. 412 P.
- CONPES 3164, 2002. Política nacional ambiental para el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia plan de acción 2002 – 2004. República de Colombia, Departamento Nacional de Planeación.
- CONPES 3149, 2001. Plan de Expansión Portuaria 2002 – 2003. Zonificación Portuaria para el Siglo XXI. República de Colombia, Departamento Nacional de Planeación.
- Correa, M., Saldarriaga, J.C. y 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.
- Crespo Soler, C, Ripoll Feliu, V., Crespo, A. y Giner, A., 2005. La Sostenibilidad Ambiental en el Sistema Portuario de Titularidad Estatal. XIII Congreso AECA. España.
- Darbra, R.M; Ronza, A; Casal, J.; Stojanovic, T.A. y Wooldridge, C., 2009. The Self Diagnosis Method. A new methodology to assess environmental management in sea ports. En: Marine Pollution Bulleti. 48 (2004): pp. 420-428.
- Martner Peyrelongue, C., 1999. El puerto y la vinculación entre lo local y lo global. EURE (Santiago) [online]. ISSN 0250-7161.vol.25, n.75, pp. 103-120.
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004. Guía Ambiental para Terminales Portuarios. Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible. Bogotá. 441 P.

- Montoya, V., Puerta, C. y González, L.A., 2010. El componente social en los sistemas de monitoreo ambiental: hacia un manejo integrado de la actividad portuaria. Revista Gestión y Ambiente, Vol 13 – No. 3, Universidad Nacional de Colombia - Universidad de Antioquia. (en ésta edición).
- OECD. 1991. Core set of indicators for environmental performance reviews. Environmental Monographs nº83. París Francia.
- OMC. Informe sobre el comercio mundial, 2009. Compromisos de política comercial y medidas de contingencia.
- Osorio, A.F., Agudelo, P., Ortega, S., 2010. Construcción de indicadores para actividad portuaria, oceanografía, hidrología y geomorfología en zonas portuarias. Revista Gestión y Ambiente. Vol 13 – No. 3, Universidad Nacional de Colombia – Universidad de Antioquia. (en ésta Edición).
- Peris Mora, E., Diez Orejas, J.M., Subirats, A., Ibáñez, S. y Álvarez, P., 2005. Development of a system of indicators for sustainable port management. ELSEVIER. Sciencie Direct. Marine Pollution Bulletin 50. Valencia. España.
- Polania, J., 2010. Indicadores biológicos para el monitoreo de puertos en Colombia. Revista Gestión y Ambiente, Vol 13 – No. 3, Universidad Nacional de Colombia – Universidad de Antioquia. (en ésta Edición).
- UNCTAD. Forum de comercio internacional. No. 2 / 2009.
- 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. GeoInfo. Ciudad de La Habana. 16 P.
- Cantu, M. P.; Becker, A.; Bedano, J. C.; Schiavo, H. F., 2007. Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. Cienc. suelo [online]. 2007, vol.25, Nº 2, pp. 173-178. ISSN 1850- 2067.
- Conesa Fernández, V.. 1997. Auditorías medio- ambientales. Editorial Mundi- Prensa, 2a Ed. España. 412 P.
- CONPES 3164, 2002. Política nacional ambiental para el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia. Plan de acción 2002- 2004. República de Colombia, Departamento Nacional de Planeación.
- CONPES 3149, 2001. Plan de Expansión Portuaria 2002- 2003. Zonificación portuaria para el Siglo XXI. República de Colombia, Departamento Nacional de Planeación.
- 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.
- Crespo Soler, C.; Ripoll Feliu, V.; Crespo, A.; Giner, A., 2005. La sostenibilidad ambiental en el Sistema Portuario de Titularidad Estatal. XIII Congreso AECA. España.
- Darbra, R. M.; Ronza, A.; Casal, J.; Stojanovic, T. A. y Wooldridge, C., 2009. The Self Diagnosis Method. A new methodology to assess environmental management in sea ports. En: Marine Pollution Bulleti. 48 (2004): pp. 420- 428.
- Martner Peyrelongue, C., 1999. El puerto y la vinculación entre lo local y lo global. EURE (Santiago) [online]. vol.25, n.75, pp. 103- 120. ISSN 0250-7161.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004. Guía ambiental para terminales portuarios. Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible. Bogotá. 441p.
- Montoya, V., Puerta, C., González, L. A., 2010. El componente social en los sistemas de monitoreo ambiental: hacia un manejo integrado de la actividad portuaria. Revista Gestión y Ambiente, Universidad Nacional de Colombia (en esta misma edición).



- OECD. 1991. Core set of indicators for environmental performance reviews. Environmental Monographs N° 83. París Francia.
- OMC. Informe sobre el comercio mundial 2009. Compromisos de política comercial y medidas de contingencia.
- Osorio, A. F.; Agudelo, P.; Ortega, S., 2010. Construcción de indicadores para actividad portuaria, oceanografía, hidrología y geomorfología en zonas portuarias. Revista Gestión y Ambiente. Universidad Nacional de Colombia (en esta misma edición).
- Peris Mora, E., Diez Orejas, J. M., Subirats, A., Ibáñez, S., Álvarez, P., 2005. Development of a system of indicators for sustainable port management. ELSEVIER. Sciente Direct. Marine Pollution Bulletin 50. Valencia. España.
- Polania, J., 2010. Indicadores biológicos para el monitoreo de puertos en Colombia. Revista Gestión y Ambiente, Universidad Nacional de Colombia (en esta misma edición).
- UNCTAD. Forum de comercio internacional. N° 2, 2009.

