

---

**CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO  
UN ENFOQUE COSTERO Y MARINO**

**INDICADORES PARA EL  
CAMBIO CLIMÁTICO**

---



Azuz-Adeath, I., I. Espejel, E. Rivera-Arriaga, J. L. Ferman y G. Seingier, 2010. Referentes internacionales sobre indicadores e índices. Historia y estado del arte, p. 845-858. En: E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche Gual y G.J. Villalobos-Zapata (eds.). Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino. Universidad Autónoma de Campeche, CETYS-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche. 944 p.

CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO UN ENFOQUE COSTERO Y MARINO

Indicadores para el cambio climático

---

# Referentes internacionales sobre indicadores e índices. Historia y estado del arte

*Isaac Azuz-Adeath, Ileana Espejel, Evelia Rivera-Arriaga,  
Jose Luis Ferman y Georges Seingier*

---

“Los indicadores son naturales en cualquier lugar, forma parte de la vida de todas las personas”

Donella Meadows, 1998

## RESUMEN

La Red Mexicana de Manejo Integrado Costero y Marino, se ha propuesto como meta final de la elaboración del presente libro, la construcción colegiada de una propuesta de indicadores que permitan evaluar y dar seguimiento al estado y posibles respuestas ante el cambio climático de las zonas costeras y marinas mexicanas. El presente capítulo hace una revisión sobre el estado del arte en la construcción e implementación de diferentes indicadores e índices propuestos para el desarrollo sustentable y la gestión ambiental. Este capítulo da sustento teórico a los apartados que constituyen esta sección, los cuales buscan establecer una serie de indicadores y/o índices para la gestión costera y marina que consideren los impactos del cambio climático en México.

## DEFINICIONES GENERALES Y CARACTERÍSTICAS DESEABLES DE LOS INDICADORES E ÍNDICES

Tradicionalmente la comprensión, el análisis y el modelado de los sistemas dinámicos (aquellos que cambian en el tiempo) y de los sistemas complejos (aquellos que presentan interacciones no lineales y sensibilidad a las condiciones iniciales), ha empleado aproximaciones basadas en el determinismo y en formulaciones empíricas. Estos ámbitos de análisis y estudio, se han desarrollado fundamentalmente en las esferas científicas y técnicas.

La evaluación y el seguimiento del comportamiento de dichos sistemas, debe contribuir con las propuestas gubernamentales y las acciones del público en general, orientando las políticas, aportando información oportuna para la toma de decisiones y sensibilizando a la sociedad sobre fenómenos, procesos y problemas que pudieran afectarla. Uno de los mecanismos que mejor cumple esta misión es la medición periódica y la difusión de indicadores e índices.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (Linster, 1993; Nardo *et al.*, 2005; OCDE/OECD, 2001, 2003) define un **indicador** como un *parámetro (propiedad que se mide u observa), o valor derivado de otros parámetros, dirigido a proveer información y describir el estado de un fenómeno, ambiente o área, con un significado añadido mayor que el directamente asociado a su propio valor.* Por otra parte, establece que un **índice** será un conjunto agregado o ponderado de parámetros o indicadores.

La figura 1 (adaptada de Robinson, S/F), esquematiza el proceso de generación de información para la construcción de indicadores e índices, al igual que los ámbitos de trabajo y uso de los mismos.



Figura 1. “Iceberg” de información. (Adaptada de Robinson, C., S/F. Parks Canada Agency).

La función de los indicadores es, por una parte, la de reducir el número de mediciones y parámetros que normalmente se requerirían para dar una representación exacta de una situación y por la otra, simplificar el proceso para comunicar los resultados de las mediciones a los usuarios o tomadores de decisiones (OCDE/OECD, 2001, 2003a).

En este sentido, los indicadores deben ser **simples, relevantes y significativos**, lo cual significa que el número de indicadores debe ser reducido pero suficiente, su metodología de construcción transparente, su utilidad para la toma de decisiones evidente y su capacidad para hacer patentes cambios o avances clara (Spangenberg y Bonniot, 1998).

En la construcción de indicadores se debe tomar en cuenta **la audiencia** a la cual van dirigidos, el nivel de detalle (**escala**) que se busca representen, la existencia de **información suficiente** y con la **periodicidad adecuada** y la **relación costo/beneficio** de su medición y difusión.

Se recomienda que en el proceso de identificación y elaboración de los indicadores e índices se siga un **enfoque participativo**, de tal forma se consideren las visiones y los valores de las comunidades o regiones para las cuales se construyen; por lo tanto, los indicadores deben ser definidos de manera muy **clara y sin ambigüedades**, deben ser **prácticos y entendibles** para la audiencia que participó en su definición (Bossel, 1999).

En la construcción de índices (agregación y ponderación de indicadores) o indicadores compuestos es necesario, de acuerdo con Nardo *et al.* (2005), considerar los siguientes elementos:

- Establecer un **marco de referencia** general que permita establecer las bases para seleccionar, de un conjunto de indicadores, aquellos que formarán los índices o indicadores compuestos.
- Hacer una adecuada **selección de los datos**, de tal forma que tengan sentido analítico, que sean medibles, que tengan una amplia cobertura, que sean relevantes para describir el fenómeno que se intenta presentar y que permita considerar las interacciones con otros procesos.
- Hacer uso de herramientas estadísticas (*e.g.* análisis multivariante) para conocer la estructura interna de las variables que componen el indicador y justificar los pasos metodológicos como el proceso de agregación y de ponderación de los diferentes indicadores simples o variables de medición directa.
- La información de los indicadores deberá estar **normalizada** para que sean comparables.
- Los índices se constituyen a partir de procesos rigurosos de **agregación y ponderación** de los indicadores, en función de los referentes metodológicos establecidos.
- Es necesario evaluar la **robustez y la sensibilidad** de los indicadores, es decir deben representar lo que se espera y deben ser sensibles a los cambios en las variables.
- Los índices deberán ser susceptibles de **representarse de manera visual** de tal forma que contribuya a la interpretación directa del comportamiento del fenómeno bajo análisis.
- Es deseable una relación directa entre el valor del índice y el aspecto que representa (*e.g.* valores positivos o mayores del índice deberán significar mejoras y viceversa).

- Es necesario cuidar la **transparencia en la construcción**, es decir, en todo momento los índices deberán permitir regresar a la información medida o utilizada en su construcción.

## EXPERIENCIAS EN EL USO DE INDICADORES E ÍNDICES A NIVEL MUNDIAL Y NACIONAL

En el ámbito económico es bastante generalizado el uso de índices e indicadores, los cuales han permeado en la sociedad en general, se pueden mencionar por ejemplo: el índice de Gini, el cual fue presentado en 1912 y es empleado de manera generalizada para evaluar la desigualdad en los ingresos de un país o de la sociedad en general; el Producto Interno Bruto, el cual es un indicativo de la producción de bienes y servicios o el Ingreso per Cápita, el cual se emplea frecuentemente para estimar los niveles de riqueza de los países.

Desde la perspectiva social, en México se han adoptado, construido y evaluado de manera periódica diferentes índices e indicadores para dar seguimiento a las condiciones de vida de la población, se pueden mencionar los trabajos del Consejo Nacional de Población en la evaluación quinquenal de los niveles de marginación (Conapo, 2001a, 2004, 2006) y el cálculo del índice de desarrollo humano (Conapo, 2001b) y el seguimiento de la pobreza (alimentaria, económica y de capacidades) a nivel estado, municipio y comunidad que realiza el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2000, 2005).

Por ejemplo, en el cálculo del Índice de Marginación se emplean 9 indicadores, todos ellos expresados en términos porcentuales:

- Población analfabeta de 15 años o más.
- Población sin primaria de 15 años o más.
- Ocupantes en vivienda sin drenaje y servicios sanitarios.



Figura 2. Producto Interno Bruto *per capita* a nivel mundial. (Fuente: IMF, 2009)

- Ocupantes en viviendas sin energía eléctrica.
- Ocupantes en viviendas sin agua entubada.
- Viviendas con algún nivel de hacinamiento.
- Ocupantes en viviendas con pisos de tierra.
- Población en localidades con menos de 5 000 habitantes.
- Población ocupada con ingresos de hasta dos salarios mínimos mensuales.

En la construcción de estos indicadores se emplearon diversas variables censales como: condición de alfabetismo, nivel educativo, tipo de vivienda, existencia de drenaje, presencia de excusado o sanitario, disponibilidad de energía eléctrica, disponibilidad de agua, dormitorio, material en piso, tamaño de la localidad, población total, población mayor de 15 años, población ocupada y nivel de ingreso.

La combinación de los indicadores da como resultado un valor (Índice de Marginación) que puede tomar valores entre -1 y 1. Se han establecido 5 rangos cualitativos para describir el grado de marginación en función de la puntuación obtenida desde muy baja (-1) hasta muy alta (1) (figura 3).

En el ámbito del desarrollo sustentable y la gestión ambiental existe un importante trabajo en lo que a indicadores e índices se refiere, propiciado fundamentalmente por los resultados (*e.g.* Capítulo 40 de la “Agenda 21”) de la Conferencia Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de la Organización de las Naciones Unidas, realizada en la ciudad de Río de Janeiro, Brasil en 1992.

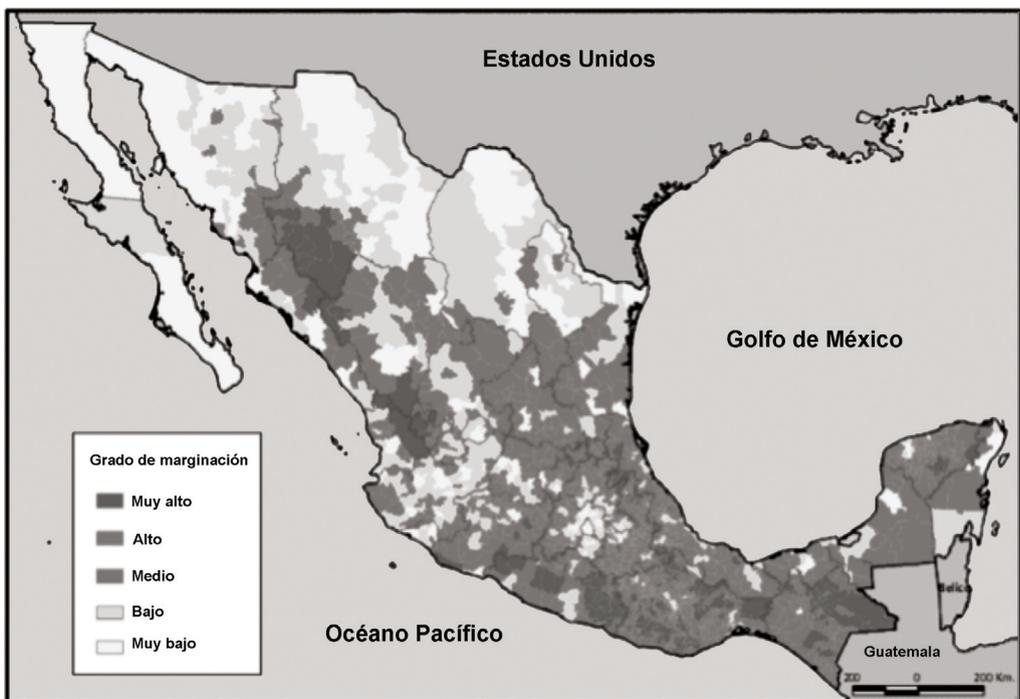


Figura 3. Grado de marginación a nivel municipal (Conapo, 2006).

El inicio formal del desarrollo de indicadores por parte del Banco Mundial se puede definir a partir de la publicación del trabajo de Serageldin en 1996. A la fecha, esta institución presenta el avance de los diferentes países a partir de la construcción de cerca de 800 indicadores de 150 economías, agrupadas en 14 regiones, dándole cobertura a prácticamente todo el mundo (WB, 2010). Dichos indicadores presentan información sobre diversos ámbitos del quehacer humano (*e.g.* agricultura, economía, salud, educación, población, desarrollo industrial, comercio, ciencia y tecnología, etc.).

Por su parte, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE/OECD), desde la década de los 90 ha definido, socializado y evaluado de manera periódica indicadores de desempeño ambiental que permiten hacer comparaciones a nivel país (OCDE/OECD, 1993, 2001), al igual que ha impulsado evaluaciones ambientales específicas para los diferentes países miembros (OECD, 1998, 2003b).

El núcleo central de indicadores ambientales y socio-económicos que maneja la OCDE, se presenta en la tabla 1.

A partir de la mencionada tabla, la OCDE ha evaluado el desempeño ambiental de los países, usando la definición de 10 “indicadores clave”: Cambio climático, capa de ozono, calidad del aire, generación de residuos, calidad del agua, recurso agua, recursos forestales, recursos pesqueros, recursos energéticos y biodiversidad. En la construcción de estos “indicadores clave” no se emplean todos los parámetros reportados en la anterior tabla.

La Organización para las Naciones Unidas (ONU), ha generado diversos tipos de indicadores, desde los relacionados estrictamente con el desarrollo sustentable y humano hasta los empleados en el monitoreo de los “Objetivos del Milenio” (ONU, 2005 a 2009; UN, 1996, 2001; UNDP, 2007, 2009).

La ONU propuso en 1995 desarrollar los Programas Nacionales de Indicadores para el Desarrollo Sustentable, alrededor de 15 temas generales o “indicadores núcleo”, para lo cual elaboró y difundió en el ámbito mundial una guía metodológica, la cual ha sido ampliamente usada (ONU, 2001).

Los temas generales fueron 15: equidad, salud, educación, vivienda, seguridad, población, atmósfera, tierras, océanos, mares y costas, agua dulce, biodiversidad, estructura económica, patrones de consumo y producción, referentes institucionales y capacidades institucionales.

Para construir estos “indicadores núcleo” se recurrió a la medición o uso de variables, parámetros o indicadores: sociales (19), ambientales (19), económicos (18) e institucionales (6).

México, por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (Semarnap, hoy Semarnat), participó en esta iniciativa y generó, bajo el esquema metodológico propuesto, el primer conjunto de indicadores para el desarrollo sustentable (Semarnap, 2000), con una escala de análisis nacional y cuando la información lo permitía, con desgloses a nivel de estado.

En el contexto nacional, la existencia de indicadores para la evaluación del desempeño ambiental data de 1997 (INE, 1997a,b) y es con la aparición del texto “Indicadores para la Evaluación del desempeño ambiental. Reporte 2000” (INE, 2000) que formalmente se presenta in-

Tabla 1. indicadores núcleo de la OCDE, 2001.

	Indicadores	Parámetros medidos o medibles
Indicadores Ambientales	Cambio climático	Intensidad de emisiones de CO <sub>2</sub> . Concentración de gases de efecto invernadero.
	Pérdida de la capa de ozono	Sustancias que disminuyen la capa de ozono. Ozono estratosférico.
	Calidad del aire	Intensidad de emisiones a la atmósfera. Calidad del aire urbano.
	Residuos	Generación de residuos. Reciclado de residuos.
	Calidad de agua	Calidad de agua de ríos. Tratamiento de aguas residuales.
	El recurso agua	Intensidad de uso del agua. Distribución y precio del agua pública.
	Recursos forestales	Intensidad de uso de los recursos forestales. Tierras forestales y maderables.
	Recursos pesqueros	Capturas y consumo pesquero: nacional. Capturas y consumo pesquero: regional y global.
	Biodiversidad	Especies amenazadas. Áreas protegidas.
	Indicadores Socio-económicos	PIB y población
Consumo		Consumo privado. Consumo gubernamental.
Energía		Intensidad de uso de la energía. Mezcla energética. Precios de la energía.
Transporte		Tráfico en carreteras e intensidad vehicular. Infraestructura y densidad carretera. Precio e impuestos del combustible.
Agricultura		Intensidad de uso de fertilizantes nitrógeno y fosfatos. Balance de nitrógeno. Densidad de plantaciones. Intensidad de uso de pesticidas.
Gasto		Gasto en disminución y control de la contaminación. Ayuda oficial para el desarrollo.

formación actualizada, utilizando un marco de referencia general que permitirá monitorear el desempeño del país. El uso de indicadores se ha convertido en pieza clave para dar seguimiento y evaluar la efectividad y eficiencia de las políticas ambientales (*e.g.* Semarnat, 2005).

Como un primer esfuerzo de llevar el concepto de medición de indicadores al ámbito estatal, el Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CCE-CESPEDES, 2001) presenta una importante contribución sobre la medición de indicadores e índices.

No es posible concluir esta sección sin hacer una mención especial a los trabajos desarrollados por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) en lo que respecta a índices e indicadores para: especies amenazada, invasoras y vulnerables al cambio climático; plantas medicinales y aves migratorias, por mencionar algunas contribuciones. De igual forma los trabajos desarrollados por el Instituto Mundial de los Recursos Naturales (WRI) a través de su publicación periódica “Earth Trends”, el trabajo seminal de Hammond y colaboradores en 1995 y el World Watch Institute (WWI) con las publicaciones “State of the World”.

## REFERENTES GENERALES Y MARCOS CONCEPTUALES

Con el fin de establecer criterios para la definición y aplicación de índices e indicadores, se ha recurrido fundamentalmente a los esquemas: Presión-Estado-Respuesta (PSR) y Fuerzas Generadoras-Presión-Estado-Impacto-Respuesta (DPSIR). En todos los casos se emplean las siglas en inglés de estos modelos por tener una amplia aceptación.

### ESQUEMA PSR

El esquema PSR propuesto por la OCDE en 1993, considera: las presiones que el ser humano y las actividades asociadas a su desarrollo imponen sobre el entorno natural, el estado que guarda el ambiente en un cierto momento del tiempo (*i.e.* cuando se obtuvieron los datos) y las respuestas que propone o instrumenta la sociedad para corregir posibles desequilibrios, para disminuir las presiones o para mejorar el estado del ambiente. A continuación la figura 4 presenta de manera gráfica el esquema PSR.

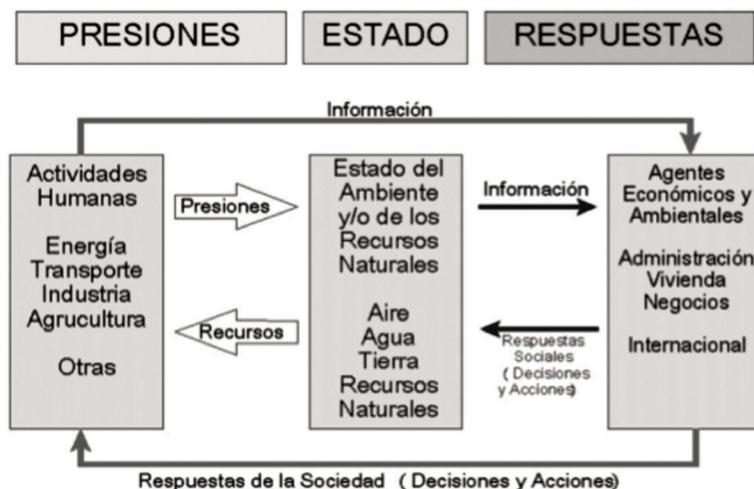


Figura 4. Esquema del marco de referencia Presiones-Estado-Respuestas (Fuente: OCDE/OECD, 1993).

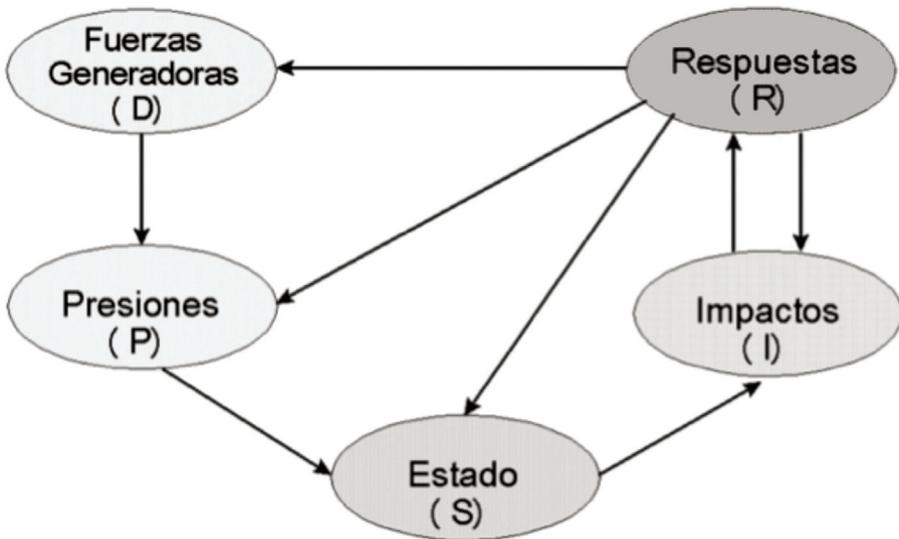
Este esquema impulsado en la década de los 90, fundamentalmente por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, ha permitido entre otras cosas: armonizar el manejo y presentación de información, medir el desempeño y progreso en temas ambientales, monitorear la integración de políticas y realizar comparaciones internacionales de manera efectiva.

### ESQUEMA DPSIR

El esquema Fuerzas generadoras (D), presiones (P), estado (S), impactos (I), respuestas (R) ha sido ampliamente utilizado en la Unión Europea desde los años 90, fundamentalmente en la evaluación del desempeño ambiental de los países miembros (EEA, 2010).

Este modelo parte del hecho de que el desarrollo humano (actividades económicas y sociales) ejercen una presión sobre el ambiente, como consecuencia de la cual, el estado del ambiente se modifica (salud, disponibilidad de recursos, biodiversidad), pudiendo impactar en la salud humana, en los ecosistemas y en los bienes materiales, produciéndose una respuesta de la sociedad (decisiones y acciones) tendiente a modificar las fuerzas generadoras originales, las presiones, los cambios en el ambiente y los impactos registrados. La figura 5 presenta de manera gráfica el esquema DPSIR.

Para vincular los diferentes elementos del esquema DPSIR se han propuesto diversas estrategias de medición: indicadores de eco-eficiencia y de emisiones D-P; modelos de dispersión y medidas de tendencia P-S; indicadores de respuesta y relaciones causales S-I; Análisis de riesgo, estimaciones costo/beneficio y esquemas acción-inacción I-R; Indicadores de efectividad de las respuestas para R-D, R-P, R-E Y R-I.



**Figura 5.** Esquema del marco de referencia DPSIR (Fuente Smeets y Wetering, 1999).

En el contexto europeo, usando el referente DPSIR, Smeets y Wetering (1999), propusieron una tipología simple para la caracterización de indicadores ambientales:

- **Indicadores descriptivos.** Tratan de responder a la pregunta ¿qué le está sucediendo al ambiente y al ser humano bajo los esquemas de desarrollo actuales?
- **Indicadores de desempeño.** Estos indicadores comparan las condiciones actuales contra especificaciones de referencia (*i.e.* condiciones deseables).
- **Indicadores de eficiencia.** Estos indicadores brindan información sobre la eficiencia de los productos y de los procesos, en términos de los recursos usados, de la energía consumida y de los desechos generados, respecto a algún nivel de referencia deseable o legal.
- **Indicadores generales de bienestar.** Estos indicadores dan información global sobre los cambios en el bienestar humano o los logros en términos del proceso de desarrollo sustentable.

Recientemente la comunidad europea propuso una serie de indicadores que pudieran ser empleados con fines de pronóstico, para elaborar proyecciones a futuro o para la creación de escenarios deseable. Se han propuesto 11 temas generales los cuales incorporan 51 indicadores (EEA, 2008).

## OTROS ESQUEMAS

Canadá, ha elaborado diversos tipos de indicadores con base en el “Modelo de Capital”, el cual es una visión más economista que las anteriores y considera 4 tipos de capital (NRTEE-TRNEE, 2003):

- **Producción de Capital.** Se fundamenta en los bienes que proveen de beneficios a sus usuarios a lo largo del tiempo, lo cual ayuda a producir otros bienes y servicios. La producción de capital incluye: equipo, edificios, maquinaria e infraestructura.
- **Capital Natural.** Las bases del capital natural que proveen de materiales y servicios para mantener la actividad económica. Estos bienes pueden tener un valor económico o no.
- **Capital Humano.** Comprenden los conocimientos, habilidades, competencias y otros atributos de los individuos que facilitan la creación de bienestar social, económico y personal.
- **Capital Social.** Se basa en las relaciones, redes y normas que facilitan la acción colectiva y la cohesión social, teniendo un alto significado para la medición de la calidad de vida.

Los indicadores generados y aplicados en el ámbito del desarrollo sustentable y el medio ambiente, a nivel nacional en Canadá, bajo esta aproximación son los siguientes:

### 1. Capital Natural y Humano:

- Tendencias en la calidad del aire,
- Calidad del agua,

- Emisiones de gases de efecto invernadero,
- Cobertura vegetal,
- Extensión de humedales y,
- Nivel educativo de la población en edad laboral.

Por otra parte, la generación de indicadores en Australia ha seguido una aproximación más lineal y menos rígida en el sentido de definir un referente general. El monitoreo del comportamiento del ambiente se realiza de manera regular a partir del análisis del estado y tendencias de las siguientes variables (ver los reportes del estado del ambiente en GA, 2010):

- Atmósfera,
- Biodiversidad,
- Costas y océanos,
- Asentamientos humanos,
- Aguas interiores,
- Tierra,
- Patrimonio natural y cultural,
- Territorio Antártico Australiano.

## **LIMITACIONES GENERALES DE LOS INDICADORES**

Los indicadores e índices tienen como propósito agregar información clave para que la difusión del conocimiento sobre los fenómenos y procesos que ocurren en los sistemas en los cuales participa el ser humano sea más eficiente y efectiva. Algunas limitaciones podrían ser:

- Presenta cuando mucho una explicación limitada del fenómeno.
- Son discrecionales pues solo evalúan parcialmente el fenómeno y en función de a quién se dirige la información.
- Dependen de la cantidad y de la calidad de la información existente.
- Los procesos de ponderación empleados en la generación de índices muchas veces son arbitrarios, tiene un carácter empírico o se fundamentan en percepciones.
- Los indicadores e índices tiene un carácter más descriptivo que explicativo de los fenómenos sociales, económicos y ambientales.
- Su construcción requiere un mínimo de coordinación entre las instancias que poseen bases de datos y accesibilidad de las mismas.
- En general se presentan desequilibrios entre la calidad y cantidad de los indicadores descriptivos, los de desempeño y los de eficiencia.
- Muchas veces se construyen de manera desvinculada respecto a los objetivos explícitos de las políticas públicas.
- En su construcción no siempre participan grupos multidisciplinarios.
- El costo de su elaboración depende de manera directa de la escala y cobertura que se quiera manejar.

## CONCLUSIONES

Si bien la experiencia internacional en la creación y empleo de indicadores e índices es basta, las experiencias específicas sobre zona costera y marina y cambio climático son limitadas. Esta es un área de oportunidad para realizar un trabajo colegiado trascendente por parte de la Red Mexicana para el Manejo Integrado Costero-Marino.

La construcción de indicadores e índices para la gestión costera y marina en México que consideren los efectos del cambio climático, deberá adoptar un marco de referencia general que permita identificar su funcionalidad: descriptivos, de desempeño, de eficiencia o de sustentabilidad general.

Los indicadores generados deberán ser simples, económicos en su construcción, suficientes en número, adecuados, relevantes, significativos, con una visión de gran escala y de largo plazo.

Por lo tanto, se deberá establecer claramente la escala de utilidad de la información que representan y la periodicidad requerida en su actualización.

Cuando corresponda deberán armonizarse con mediciones, umbrales o valores deseables establecidos de manera legal o en referentes nacionales o internacionales.

Como una primera aproximación deberán permitir hacer comparaciones cuando menos con otros países y entre litorales a nivel nacional.

## LITERATURA CITADA

- Bossel, H., 1999. Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications. A Report to the Balaton Group, International Institute for Sustainable Development (IISD), 123 p.
- CCE-CESPEDES, 2001. Índice de Sustentabilidad Ambiental. México 2001. Consejo Coordinador Empresarial (CCE) y Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES). 220 p.
- Conapo, 2001a. Índices de Marginación 2000. Consejo Nacional de Población, 197 p.
- Conapo, 2001b. Índices de Desarrollo Humano, 2000. Consejo Nacional de Población, 131 p.
- Conapo, 2004. Índice Absoluto de Marginación 1990-2000. Consejo Nacional de Población, 102 p.
- Conapo, 2006. Índices de Marginación, 2005. Consejo Nacional de Población, 334 p.
- CONEVAL, 2000. Mapas de Pobreza por Ingresos 2000. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, Parte I y II. [<http://www.coneval.gob.mx/coneval2/htmls/publicaciones/HomePublicaciones.jsp>]
- CONEVAL, 2005. Mapas de Pobreza por Ingresos y Rezago 2005. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, Parte I y II. [<http://www.coneval.gob.mx/coneval2/htmls/publicaciones/HomePublicaciones.jsp>]
- EEA, 2008. Catalogue of forward-looking indicators from selected sources A contribution to the forward-looking component of a shared environmental information system (SEIS/Forward). EEA Technical Report No. 8/2008, European Environmental Agency, Luxembourg, 204 p.
- EEA, 2010. European Environmental Agency. [<http://www.eea.europa.eu>]

- GA, 2010. Gobierno Australiano. Australia State of the Environment (varios años). Departamento del Ambiente, Agua, Patrimonio y Artes. [<http://www.environment.gov.au/soe/publications/index.html>]
- Hammond, A., A. Adriaanse, E. Rodenburg, D. Bryant, y R. Woodward, 1995. Environmental Indicators: A Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development. World Resources Institute, 42 p. + anexos.
- IMF, 2009. World Economic Outlook Database, April 2009. International Monetary Found [<http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2009/01/weodata/index.aspx>]
- INE, 1997a. Avances en el Desarrollo de Indicadores para la Evaluación del Desempeño Ambiental en México 1997. Instituto Nacional de Ecología (INE-Semarnap).
- INE, 1997b. Indicadores Ambientales para la Región Fronteriza 1997, Instituto Nacional de Ecología (INE-Semarnap), 67 p.
- Linster, M., 1993. OCDE Work on Environmental Indicators. p. 167-190. In: Expert Workshop on Environmental Compliance and Enforcement Indicators. INECE-OECD.
- Meadows, D., 1998. Indicators and Information Systems for Sustainable Development. A Report to the Balaton Group. The Sustainable Institute, Vermont, 78 p.
- Nardo, M., M. Saisana, A. Saltelli, y S. Tarantola, 2005. Handbook on Constructing Composite Indicators: Metodology and User Guide. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE/OECD), Statistics Directorate, STD/DOC (2005)3, 108 pp.
- NRTEE-TRNEE, 2003. Environment and Sustainable Development Indicators of Canada. National Round Table on the Environment and the Economy 2003, Ottawa, 54 p.
- OECD/OECD, 1993. OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews. A Synthesis Report by the Group on the State of the Environment, Paris. 35 p.
- OECD/OECD, 1998. Environmental Performance Reviews. Mexico. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD/OECD), 207 p.
- OECD/OECD, 2001. OECD Environmental Indicators. Towards Sustainable Development. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD/OECD), 156 p.
- OECD/OECD, 2003a. OECD Environmental Indicators. Development, measurement and uses. Reference Paper. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD/OECD), 37 p.
- OECD/OECD, 2003b. OECD Environmental Performance Reviews: Mexico 2003. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD/OECD), 239 pp.
- ONU, 2005 a 2009. Objetivos de Desarrollo del Milenio. Reportes anuales del 2005 al 2009. Organización de las Naciones Unidas. Información en línea en la página: [<http://www.un.org/spanish/millenniumgoals/reports.shtml>]
- Serageldin, I., 1996. Sustainability and the Wealth of Nations: First steps in an Ongoing Journey. The World Bank.
- Semarnap, 2000. Indicadores de Desarrollo Sustentable en México. INEGI-INE-Semarnap, 203 p.
- Semarnat, 2005. Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental de México: 2005. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), 337 p. + CD.
- Smeets, E., y R. Wetering, 1999. Environmental Indicators: Typology and overview. Technical Report No. 25, European Environment Agency (EEA), Copenhagen, 19 p.
- Spangenberg, J.H., y O. Bonniot, 1998. Sustainability Indicators. A Compass on the Road Towards Sustainability. Wuppertal Paper No. 81, Wuppertal Institute, 34 p.

- UN, 1996. Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies, Naciones Unidas (UN), New York.
- UN, 2001. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies, Naciones Unidas (UN), New York, 319 p.
- UNDP, 2007. Human Development Report 2007/2008. Fighting Climate Change: Human solidarity in divided world. United Nations Development Programme (UNDP), New York, 384 p.
- UNDP, 2009. Human Development Report 2009. Overcoming Barriers: Human mobility and development. United Nations Development Programme (UNDP), New York, 217 p.
- WB, 2010. World Development Indicators 2010. The World Bank (CD).
- World Resources Institute (WRI), [<http://www.wri.org/>]
- World Watch Institute, (WWI), [<http://www.worldwatch.org/>]

Seingier, G., I. Espejel y J. L. Fermán, 2010. Selección de índices sociales, económicos y ambientales para la construcción de modelos de evaluación y de monitoreo del contexto costero mexicano, p. 859-872. En: E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche Gual y G.J. Villalobos-Zapata (eds.). Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino. Universidad Autónoma de Campeche, CETYS-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche. 944 p.

---

# Selección de índices sociales, económicos y ambientales para la construcción de modelos de evaluación y de monitoreo del contexto costero mexicano

*Georges Seingier, Ileana Espejel y José Luis Fermán*

---

## RESUMEN

Se presenta una propuesta de sistema de base de datos con los cuales construir índices que permitan establecer el estado básico de la zona costera mexicana a partir de información estadística existente y de fácil acceso. Las diferentes combinaciones que pueden hacerse con este sistema fueron presentados como tesis doctoral del primer autor y el modelo que representa la vulnerabilidad socioambiental de las costas mexicanas ante escenarios de cambio climático se presenta como un capítulo aparte en la sección III de este libro (p. 669-688). El propósito del capítulo es presentar un resumen técnico enfocado a la selección de indicadores, al diseño de índices y a la construcción de modelos que se proponen como la base para la evaluación y monitoreo de fenómenos costeros ante escenarios de cambio climático en el país. Dichos índices interdisciplinarios se construyeron a partir de fuentes de información provenientes de los censos nacionales, los cuales se eligieron porque existen a nivel nacional y son actualizados cada cinco o diez años por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Se sugiere que el Sistema de Información Geográfica sea parte del propuesto por la Semarnat (2007) denominado Sistema Ambiental Nacional de Información de Costas y Océanos (SANICO) y que tiene como objetivo general el proporcionar una herramienta para evaluar de distintas maneras la sustentabilidad de las costas mexicanas.

## INTRODUCCIÓN

La calidad más que la cantidad de la información es fundamental para la planeación costera, por lo que los planes costeros dependerán de la disponibilidad de datos. Se ha encontrado que para el análisis de cambio climático en las costas son raros los estudios que proporcionan conjuntos de datos interdisciplinarios para una misma entidad espacial costera y la mayoría de los esfuerzos que tienen datos descriptivos de la zona costera disponibles manejan modelos o índices de monitorización de manera sectorial con temas como contaminación del agua, calidad del aire, biodiversidad, y/o densidad de población (Canadá: Boyd, 2001; Australia: Ward *et al.*, 1998; Europe: EEA, 2006; América Latina: CIAT-World Bank-UNEP, 2000).

Por esta razón, es necesario emprender procesos que integren datos intersectoriales (componentes económicos, sociales y ambientales) de las costas mexicanas, además de tratarlos de manera integrada tanto temporal como espacialmente, para la formulación de modelos que faciliten la gestión de los planes y programas integrales de desarrollo costero ante escenarios de cambio climático.

La problemática de la modelización de cualquier fenómeno se relaciona con la elección de la información representativa del mismo. Lo anterior se resuelve al expresar las condiciones o tendencias del dicho fenómeno a través de indicadores, los cuales se eligen en función de la representatividad que tengan del fenómeno a evaluar (EEA, 1999), y se caracterizan por tres aspectos: 1) cuantifican la información de forma tal que su significado se manifiesta rápidamente, 2) sintetizan la información sobre un fenómeno en general complejo para facilitar la comunicación del resultado y 3) en consecuencia, son un instrumento eficaz para transmitir información de manera simple dentro del proceso de toma de decisión (Cendrero, 1997).

Los modelos se construyen a través de una agregación “piramidal” de la información en niveles: los indicadores de primer orden se combinan para generar indicadores de segundo orden (o sub índices), los cuales se combinan para producir indicadores de tercer orden, o índices. Todos ellos, indicadores, subíndices e índices, deben ser normalizados o estandarizados con el fin de resolver la problemática de manejar datos en unidades diferentes y para obtener cantidades adimensionales. Así, los datos entre cero y uno son comparables según el método descrito por Nijkamp *et al.* (1990). El número de indicadores utilizados para formar un modelo es definido por el propósito del modelo y por la disponibilidad de datos (Caraveo, 2001).

Los modelos más aceptados para la evaluación de la sustentabilidad se basan en los conceptos de causalidad, donde un estado se modifica por causa de la aplicación de una fuerza. El modelo desarrollado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) agrega un componente de respuesta a los anteriores para obtener el llamado modelo P-E-R, de presión-estado-respuesta, donde Presión se refiere a las fuerzas antropogénicas (cambio de uso de suelo, proyecciones demográficas) que actúan sobre el medio natural; donde Estado se refiere a la condición del ambiente (naturalidad, biodiversidad, grado de transformación del suelo); y donde Respuesta se liga a las respuestas de la sociedad para compensar pérdidas o daños relacionados a un cambio de calidad del estado, como son las políticas públicas, uso de nuevas tecnologías, o actitud social, entre otros (OCDE 1991, 1993).

Una variación del modelo anterior incluyen una componente de fuerzas motrices o causas externas como pueden ser: la presión demográfica, demanda internacional, etc.; así como otro componente de impactos relacionados con un cambio en la calidad del estado que afecte directamente a las personas, por ejemplo: enfermedades, contaminación del agua, pérdida de valor de bienes, erosión, etc. Este modelo se conoce DPSIR (por sus siglas en inglés de Driving Forces, Pressure, State, Impact, Response) utilizado y recomendado por la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA, 1999).

Los modelos desarrollados en el presente trabajo se basan en los esquemas anteriores y se enfocan en los componentes de Estado y de Presión. Sin embargo, se interpreta como la respuesta el bienestar de la sociedad (figura 1). Este componente se relaciona con el concepto de calidad de vida, mencionado en ocasiones como concepto de desempeño (García Aguilera, 2004) o de equidad (Kusters Viale, 2009). Además, se agrega la componente natural de la presión (peligrosidad), la cual está al día con los temas de cambio climático, que implican aumento del nivel del mar y aumento de la frecuencia de los eventos hidrometeorológicos en las costas y que significan impactos tanto en el medio ambiente natural como en la sociedad.

## ÁREA DE ESTUDIO

Se delimitó la zona de estudio de acuerdo a la definición operativa del concepto de zona costera como los límites político-administrativos sobre los que se pueden aplicar leyes y reglamentos (INE, 2000). La porción de territorio analizada en el presente trabajo abarca los 169 municipios

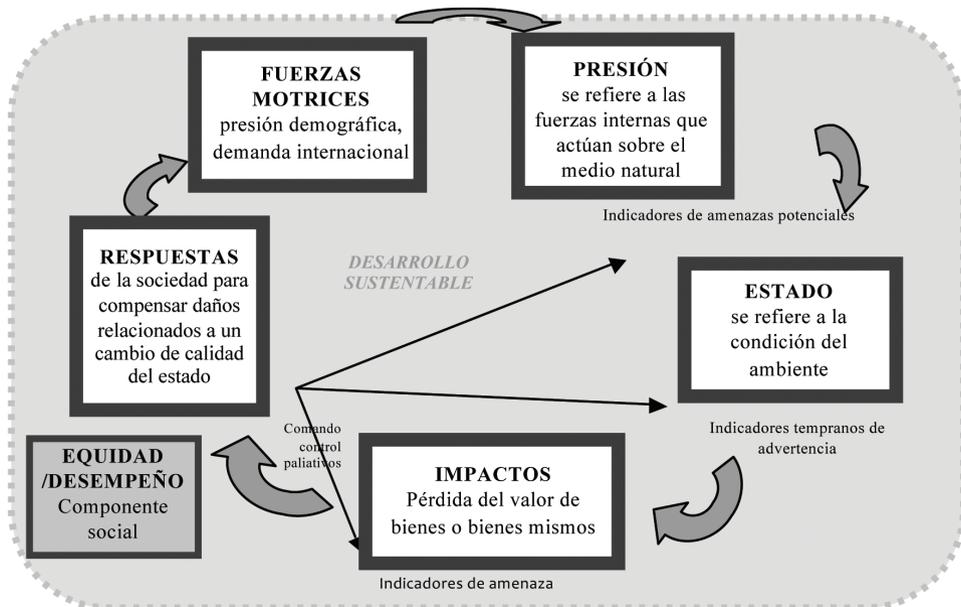


Figura 1. Marco conceptual desarrollado a partir de OCDE (1991) y Oñate *et al.* (2002).

pios costeros del país, definidos como municipios con frente de mar y contiene 19 municipios colindantes a una laguna, canal o río con influencia marina directa tanto del Océano Pacífico que del Golfo de México (figura 2). Representan una superficie total de 416 465 km<sup>2</sup>, que corresponde al 21% de la superficie total del país.

## METODOLOGIA

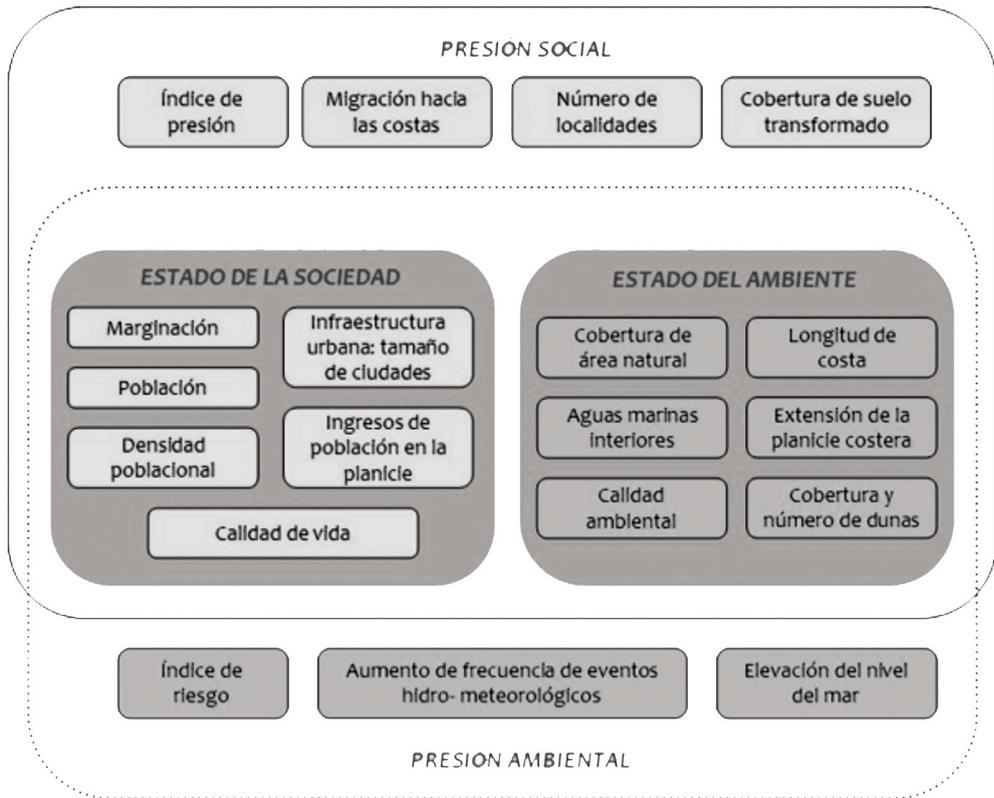
Para la selección de los indicadores, subíndices e índices, se consideraron, en parte, las estrategias de evaluación descritas por Kurtz *et al.* (2001). Consisten en aplicar lineamientos y marcos de evaluación técnicos, divididos en cuatro fases, que evalúan: la relevancia conceptual, la factibilidad de la implementación, la variabilidad de la respuesta, así como la interpretación y la utilidad del indicador bajo evaluación (US EPA, 2000).

Los modelos se diseñaron para permitir caracterizar y comparar una serie de variables que influyen en el grado de sustentabilidad y consideran la vulnerabilidad socio-ambiental ante escenarios de cambio climático a lo largo de la costa, las cuales se presentan a continuación:

- el estado, o condición, tanto del ambiente (cobertura natural, o de dunas) como de la sociedad (densidad, calidad de vida), así como,
- las fuerzas, o presiones, naturales (cambio climático) y antropogénicas (proyecciones demográficas), que actúan sobre los mismos; esquematizado en la figura 3.



Figura 2. Ubicación de los 169 municipios con respecto a la extensión de los 17 estados.



**Figura 3.** Ubicación de índices dentro del esquema conceptual de estado/presión, tanto del ambiente como de la sociedad (Seingier, 2009).

La construcción de la herramienta para evaluar la sustentabilidad y/o vulnerabilidad socio-ambiental de las costas mexicanas consistió en demostrar el potencial del desarrollo de modelos de multicausalidad y multiefecto comparativamente al usar los datos censales.

La problemática de la disponibilidad de datos, la cual se hace más crítica al hacer un análisis para una zona muy extensa (lo largo de la costa mexicana) además de pretender contemplar datos naturales, sociales, y económicos, se resolvió con el uso de información producida a nivel nacional, a través de las siguientes bases de datos oficiales de los censos y los inventarios forestales nacionales:

- Datos socio-económicos:
  - INEGI (Censo General de Población y vivienda 2000, Conteo 2005),
  - Proyecciones de Conapo para 2030,
  - Conapo (índice de marginalión por localidad y por municipio 2000).
- Datos ambientales
  - Inventario nacional forestal (Cobertura y uso de suelo 1976, 2000),
  - Registro de eventos hidroclimatológicos (NOAA, 2009).

- Cartografía:
  - INEGI - Marco geoestadístico nacional (límites municipales),
  - INEGI – Cartografía 1:250,000 (línea de costa, aguas marinas interiores),
  - INEGI – Censo (coordenadas de localidades),
  - Imágenes propias o de Google Earth (verificaciones).

Los modelos se construyen a través de una agregación “piramidal” de la información en niveles: los indicadores de primer orden se combinan para generar indicadores de segundo orden (o sub índices), los cuales se combinan para producir indicadores de tercer orden, o índices (figura 4).

Todos ellos, indicadores, subíndices e índices, deben ser normalizados con el fin de resolver la problemática de manejar datos en unidades diferentes, para obtener cantidades adimensionales y resolver el problema de manejar datos en unidades diferentes. Así, los datos entre cero y uno son comparables según el método descrito por Nijkamp *et al.* (1990):

$$B_j = \frac{(X_j - \min X_j)}{(\max X_j - \min X_j)}$$

Donde  $B_j$  es el valor del dato normalizado,  $X_j$  es el valor del dato a normalizar,  $\min X_j$  es el valor mínimo de los datos y  $\max X_j$  es el valor máximo de los datos.

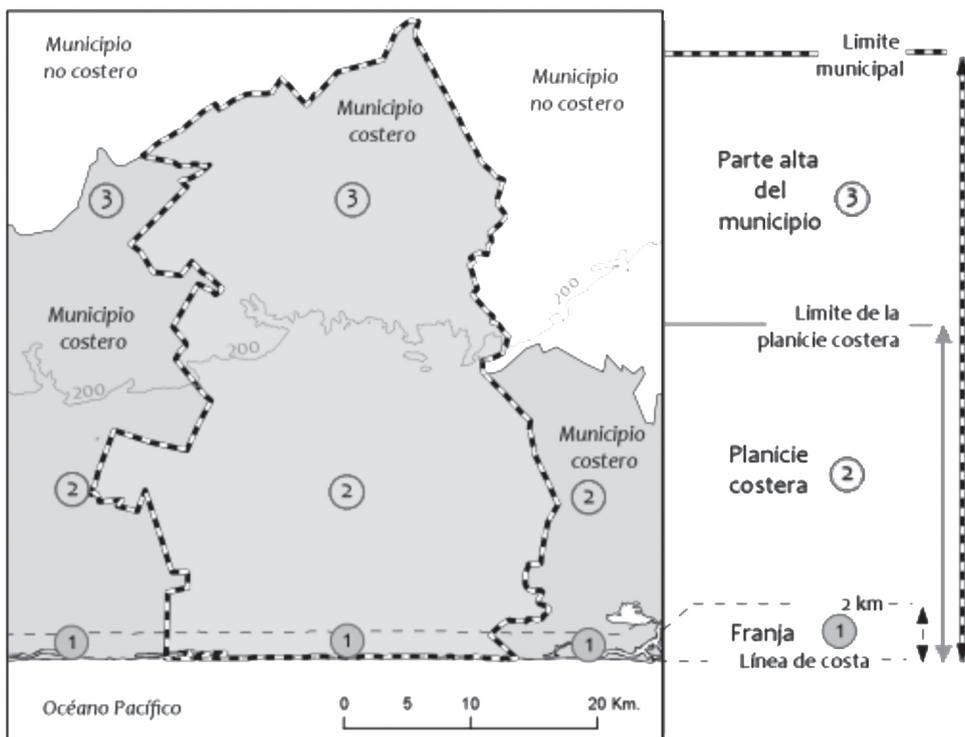
Los modelos resultantes son de carácter comparativo, ya que muestran una clasificación del componente o fenómeno evaluado, entre el valor mínimo obtenido del índice considerado y su valor máximo obtenido, ambos siendo únicos. Los valores resultantes de los índices no son absolutos, en el sentido que no representa el valor máximo del fenómeno observado, más bien el valor máximo del universo muestreado (por ejemplo de los 169 municipios); no representa



Figura 4. Nivel de agregación de la información (Cendrero, 1997).

un máximo pero una comparación entre todos los valores; y de allí los resultados se interpretan como si un municipio (o otra unidad de evaluación) es “más” sustentable que otro (o en situación de “más” riesgo que otro), sin poder afirmar que en un municipio no haya situación de riesgo, pero más bien que hay municipios con un situación de “más” riesgo que otros y por lo tanto proporciona una herramienta de comparación entre territorios similares. El modelo permite priorizar la atención requerida por ciertos municipios, a través de la clasificación del valor del índice, e identificar la problemática, a través de la caracterización del sistema (valores de los diferentes índices), de acuerdo a los criterios del modelo considerado, que sea de riesgo o de sustentabilidad, dentro de un contexto costero nacional.

Para comparar resultados y evaluar su relevancia se consideraron tres espacios diferentes incluidos los unos en los otros: 1) el municipio costero en su entidad (total de 169), 2) la planicie costera, definida como el territorio entre el nivel del mar y la curva de los 200 metros de altitud y 3) la franja costera definida como una zona delimitada por una distancia de dos kilómetros (figura 5).



**Figura 5.** Ilustración de los conceptos territoriales asociados a la zona costera y a los municipios costeros: 1) franja costera, 2) planicie costera, y 3) parte alta del municipio. Ejemplo del municipio de Mapastepec, Chiapas (Seingier, 2009).

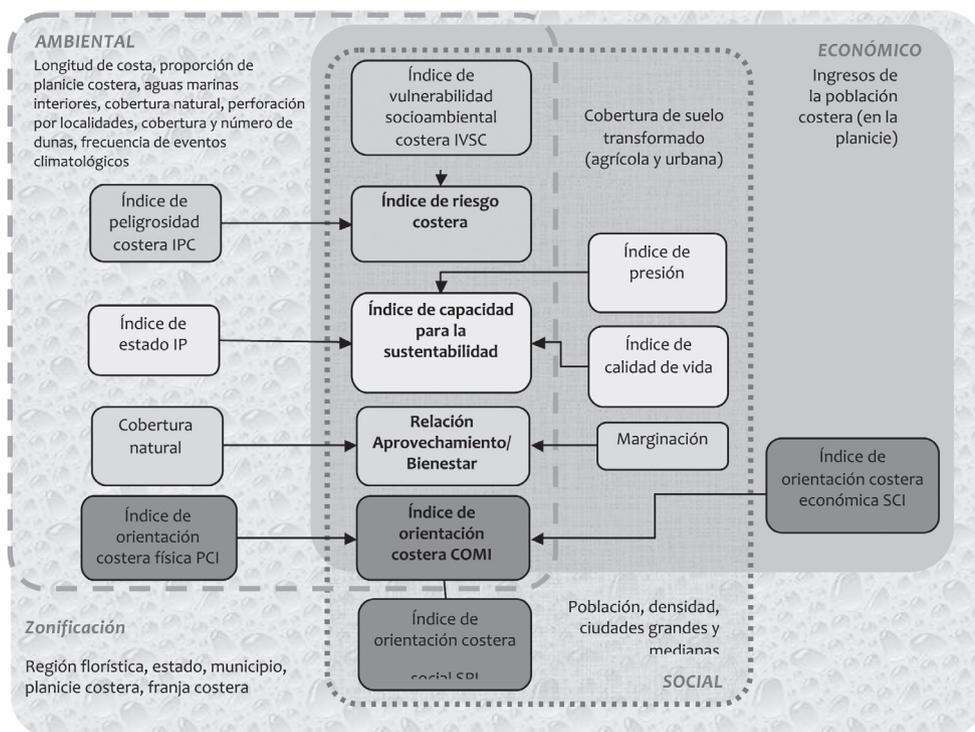
## ESTADO DEL ARTE

La estructura conceptual y los diferentes componentes elegidos para evaluar cada modelo se esquematiza en la figura 6. En la parte central del esquema se ve la unión de los tres ámbitos (ambiental, social y económico) siendo el punto de concurrencia de los cuatro modelos.

Los indicadores utilizados para la construcción de los modelos fueron seleccionados entre variables existentes o derivadas de los censos mencionados. Una síntesis de estos resultados se presenta de manera agrupada por su proveniencia en la tabla 1.

Con la combinación de estos indicadores se lograron construir varios modelos. Esto implicó el uso del mismo indicador en varios modelos (por ejemplo el índice de marginación), pero combinado con otros indicadores, o calculado para una unidad espacial diferente (municipio, región florística, planicie costera, franja de dos kilómetros, etc.).

Detalles más específicos de los indicadores (unidades de medición, fecha de relevancia de los datos, unidad de evaluación perpendicular como paralela a la costa para la cual el índice fue calculado, periodicidad de la disponibilidad, detalles técnicos de los cálculos y de las combinaciones), así como los resultados de la aplicación a la costa mexicana pueden ser consultado en Seingier *et al.* (2009a, 2009b).



**Figura 6.** Ubicación de los modelos con respecto a la componente ambiental, social y económica (modificada de Seingier, 2009).

**Tabla 1.** Indicadores utilizados, y su aportación en los diferentes modelos.

Indicadores existentes seleccionadas	Fenómeno representado, (sub)índices	Ámbito evaluado
<b>Censo de población, censos económicos, censos de Conagua, datos derivados de los mismos.</b>		
Número de habitantes (municipal, por localidades).	Índice de presión (índice de población), crecimiento de la población.	Estado de la sociedad (M1), Presión social (M4).
Densidad poblacional en la planicie.	Índice de vulnerabilidad.	Estado de la sociedad (M2).
Ubicación de las localidades, repartición espacial de la población (proporción de los habitantes en la planicie, en una franja costera).	Componente social del índice de orientación costera municipal, distribución de la población, Índice de vulnerabilidad.	Estado de la sociedad (M2 Y M3).
Numero de localidades.	Perforación o fragmentación por localidades, Índice de estado (Índice de perforación por localidad).	Estado del ambiente (M1 Y M4).
Tamaño de las localidades, proporción de ciudades medianas y grandes del municipio que estén en la planicie costera.	Componente social del índice de orientación costera municipal, Tipos de infraestructura urbana y de relaciones sociales según tamaño.	Estado de la sociedad (M3).
Ingreso por localidad, por municipio (Porcentaje de la población que gane cierta cantidad de salarios mínimos).	Componente económica del índice de orientación costera municipal, situación económica de la población costera.	Estado de la sociedad (M3).
Proporción de habitantes que trabajan en el sector minero (mayormente asociado al petróleo en los municipios costeros) o turístico.	Subíndice cualitativo de la actividad económica de la población.	Estado de la sociedad (M3*).
Presencia y tipo de puertos.	Componente económica del índice de orientación costera municipal.	Estado de la sociedad (M3*).
Número de plantas de tratamiento relacionado al número de habitantes.	Contaminación de la zona costera.	Estado del ambiente (M3*).
índice de marginación por localidad, municipal.	Índice de vulnerabilidad, Índice de desempeño, bienestar de la población.	Estado de la sociedad (M1, M2 y M4).

Nota: M1 a 4 indica el modelo en el cual se utilizó (M1 corresponde al primer modelo). M3\* corresponde a índices que están en proceso de incorporación al tercer modelo de orientación costera.

**Tabla 1 (continuación).** Indicadores utilizados, y su aportación en los diferentes modelos.

Indicadores existentes seleccionadas	Fenómeno representado, (sub)índices	Ámbito evaluado
<b>Censos de recursos naturales, inventarios nacionales forestales.</b>		
Proporción de suelo transformado (cobertura que no sea natural, o específicamente agrícola, o urbano).	Índice de presión (índice de suelo transformado, de uso urbano). Disminución de la cobertura natural.	Presión social (M4), Estado del ambiente (M1). Índice de vulnerabilidad (M2).
Cobertura natural.	Índice de estado, índice de cobertura natural.	Estado del ambiente (M4)
Perdida de superficie de la cobertura de dunas, y número de polígonos de dunas.	Disminución cuantitativa y cualitativa de la cobertura de un ecosistema clave de la zona costera.	Estado del ambiente (M1).
<b>Historial meteorológico</b>		
Frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos.	Índice de peligrosidad, subíndice de peligrosidad climatológica.	Presión del ambiente (M2).
<b>Cartografía nacional</b>		
Longitud de la línea de costa municipal.	Índice de peligrosidad (subíndice de peligrosidad física).	Estado del ambiente (M2).
Porcentaje del área municipal en la planicie, en una franja costera.	Componente física del índice de orientación costera municipal, Índice de peligrosidad (subíndice de peligrosidad física).	Estado del ambiente (M2 y M3).
Número de aguas marinas interiores	Índice de peligrosidad (subíndice de peligrosidad física), componente física del índice de orientación costera municipal.	Estado del ambiente (M2 y M3).
Ratio longitud de línea de costa/ área municipal.	Componente física del índice de orientación costera municipal.	Estado del ambiente (M3).
Nota: M1 a 4 indica el modelo en el cual se utilizó (M1 corresponde al primer modelo). M3* corresponde a índices que están en proceso de incorporación al tercer modelo de orientación costera.		

## LECCIONES APRENDIDAS

El uso de datos ambientales y/o socioeconómicos provenientes de censos oficiales (censos de población, e inventarios forestales) en el cálculo de los diferentes índices, reduce considerablemente los problemas de disponibilidad de datos y tiene dos grandes ventajas: la extensión espacial para una fecha dada y la recurrencia temporal. En efecto, proporciona información homogénea, espacio y temporalmente, para todo el territorio nacional. Además, esta misma información se genera por las instancias gubernamentales de manera recurrente a intervalos constantes de cinco o diez años y con metodologías comparables y documentadas, lo que permitirá a futuro actualizar y comparar los resultados.

Esta disponibilidad periódica de información interdisciplinaria para la totalidad de la zona costera, asegura poder obtener valores de los índices para fechas futuras, y permite proponer el uso de los resultados del presente trabajo como puntos de referencias en el tiempo, caracterizando un estado cero, con base al cual se podrá observar la evolución de los índices y determinar las tendencias, dando seguimiento a las políticas de planeación de la zona costera.

## SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES

Las diferentes combinaciones de los índices resultaron relevantes para estimar la situación de México en términos de variables relacionadas con la sustentabilidad de su zona costera.

De esos ensayos de modelos costeros, se ejemplificó el potencial de desarrollo de modelos, y el de hacer análisis a nivel de toda la costa mexicana al usar los datos censales. La misma base de datos nos permite proponer algunos ejemplos a futuro como seguimiento del presente trabajo.

- Encontrar nuevos arreglos espaciales para hacer el análisis (regionales, locales, municipios contiguos, etc.).
- Posibilidad de un análisis más desglosado, por ejemplo por tipos de vegetación si hablamos de la naturalidad, o por los diferentes componentes del índice de marginación (salud, educación, y/o ingreso) al considerar la definición de la calidad de vida.
- Actualización de los datos a intervalos de tiempo recurrentes (a cada generación de datos censales).

También a futuro, se tendrá que evaluar la disponibilidad de datos en la parte marina para poder integrar modelos equivalentes a los desarrollados aquí, para la contraparte terrestre de la franja costera.

Los diferentes modelos desarrollados, así como los ejemplos a futuro citados anteriormente, ofrecen las bases para desarrollar un centro de información para los actores de las costas mexicanas, por ejemplo la Asociación Nacional de Municipios Costeros de México (ANMCO, 2010), y orientar las prioridades de generación de información relevantes para resolver las problemáticas propias a este espacio como pretende el Observatorio de los Mares y de las Zonas Costeras “Jacques-Yves Cousteau” (2010) y otros observatorios marinos existentes en sitios puntuales de la costa.

Un ejemplo de la relevancia del presente trabajo en el diseño y actualización de los ordenamientos costeros del país, sería la incorporación de rubros prioritarios como el riesgo costero, en este caso porque son el instrumento preventivo con el que cuenta México para hacer frente a los impactos previsibles del cambio climático, y hasta podría ser un ejemplo de una componente de un ordenamiento costero nacional.

Para lograr todo lo anterior, es necesario dar a conocer los resultados y metodologías descritos en este libro, para crear la conciencia necesaria y fomentar la voluntad de resolución de la problemática. En este sentido, es importante:

- Que se conozca el diagnóstico actual del país,
- Que se construyan alianzas entre conjuntos de espacios costeros municipales aquellos que comparten características, problemáticas y/o prioridades costeras similares, que puedan permitir el acercamiento de los tomadores de decisiones y,
- Que se difundan las lecciones aprendidas.

El presente trabajo se propone como esquema de evaluación y monitoreo del desarrollo sustentable de las costas mexicanas.

El modelo presentado está basado, al igual que la Política Ambiental Nacional para el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas (PANDSOC, 2009), en un enfoque multidisciplinario, usa la mejor información disponible, y se crea con el fin de orientar, comunicar y articular la investigación, la generación de conocimiento y su intercambio, para proponer soluciones para la problemática relativa a la sustentabilidad del espacio costero mexicano, presionado cada día más, tanto por el desarrollo humano como por fenómenos como el cambio global.

## LITERATURA CITADA

- ANMCO, 2010. Asociación Nacional de Municipios Costeros, A.C. "Por El Desarrollo sustentable de los Municipios Costeros". <http://www.anmco.org/>
- Boyd, D.R., 2001. Canada vs. the OECD. University of Victoria (BC). Eco-Chair of Environmental Law and Policy.
- Caraveo, L.M., 2001. La construcción regional del desarrollo sustentable y la educación superior. Artículo de divulgación. Pulso Diario de San Luis, San Luis Potosí, Mexico.
- CIAT-World Bank-UNEP, 2000. Developing Indicators Lessons Learned from Central America. Toolkit developed jointly by International Center for Tropical Agriculture (CIAT), the World Bank, and the United Nations Environment Programme (UNEP).
- Cendrero, A., 1997. Riesgos naturales e impacto ambiental. p. 23-84. En: Fundación Universidad-Empresa (ed.). La interpretación de la problemática ambiental, enfoques básicos II. Madrid.
- Comisión Nacional de Agua (Conagua), 2007. Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, estadística por año 2005-2007. <http://www.cna.gob.mx>
- Conapo, 2000. Estimaciones de Conapo con base en el XII Censo General de Población y Vivienda, 2000
- Córdova y Vázquez, A., F. Rosete Vergés, G. Enríquez Hernández, y B. Fernández de la Torre, 2006. Ordenamiento ecológico marino: visión temática de la regionalización. Instituto Nacional de Ecología, Semarnat. México D.F.: 226 p.
- Córdova, A., F. Rosete, G. Enríquez Hernández, y B. Fernández de la Torre, 2009. Ordenamiento ecológico marino. Visión integrada de la regionalización. INE-Semarnat, México.
- European Environmental Agency (EEA), 1999. Environmental indicators: Typology and overview. Technical report No 25. European Environment Agency. EEA, Copenhagen. Prepared by: Edith Smeets and Rob Weterings. 19 p.
- European Environmental Agency (EEA), 2006. The changing faces of Europe's coastal areas. EEA Report No 6/2006. EEA, Copenhagen, 112 p.

- García Aguilera, M.A., 2004. Modelo de manejo utilizando indicadores de Presión y Estado, para el aprovechamiento sustentable de alga cochayuyo (*Durvillaea antarctica*): comunidades indígenas de la zona sur de la comuna de Tirua, VIII Región del Bio-Bio, Chile. Especialidad en Administración de Recursos Marinos. Tesis. Facultad de Ciencias Marinas.
- Instituto Nacional de Ecología (INE), 2000. Estrategia ambiental para la gestión integrada de la zona costera de México, Propuesta. Logros y Retos para el desarrollo sustentable 1995-2000. México, DF, 40 p.
- INEGI, 1970. IX Censo General de Población 1970.
- INEGI, 2000. XII Censo General de Población 2000.
- INEGI, 2005. II Conteo de Población y Vivienda 2005.
- INEGI, 2009. Censo Económico. 2009
- Kurtz, J.C., L.E. Jackson, y W.S. Fisher, 2001. Strategies for evaluating indicators based on guidelines from the Environmental Protection Agency's Office of Research and Development. *Ecological Indicators*, 1: 49-60.
- Kusters Viale, D., 2009. Modelo de sustentabilidad de municipios costeros: caso de estudio region noroeste de Mexico. Maestría en Manejo de Ecosistemas y Zonas Áridas. Tesis. Facultad de Ciencias.
- Moreno-Casasola P., I. Espejel, S. Castillo, G. Castillo-Campos, R. Duran, J.J. Pérez Navarro, J.L. León de la Luz, I. Olmsted y J. Trejo Torres, 1998. Flora de los ambientes arenosos y rocosos de las costas de México. p. 177-264. En: G. Halffter (ed.) Diversidad Biológica de Iberoamérica Vol. II. Acta Zoológica Mexicana, nueva serie. Volumen especial. CYTED Programa Iberoamérica de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. INECOL AC. Xalapa.
- Moreno-Casasola, P., E. Peresbarbosa Rojas, y A.C. Travieso-Bello, 2006. Estrategia para el manejo costero integral: El enfoque municipal. Instituto de Ecología, A. C., Gobierno del Estado de Veracruz, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 477 p.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2005. Historical North Atlantic and East-Central North Pacific Tropical Cyclone Tracks, 1851-2004. NOAA Ocean Service, Coastal Services Center (CSC). Online: [http://www.csc.noaa.gov/hurricane\\_tracks](http://www.csc.noaa.gov/hurricane_tracks)
- Nijkamp, P., Rietveld, P. y H. Voogd, 1990. Multicriteria evaluation in physical planning. Elsevier Science LTD. The Netherlands. 219 p.
- Observatorio de los Mares y de las Zonas Costeras "Jacques-Yves Cousteau", 2010. <http://www.obsmar-mexfra.org/>
- Oñate, J.J., Pereira, D., Suárez, F., Rodríguez, J.J. y Cachón, 2002 Evaluación ambiental estratégica: la evaluación ambiental de políticas, planes y programas. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Organization of Economic Cooperation and Development (OCDE), 1991. Environment in Latin America Internacional Center of Research on Women (ICRW), Washington D.C.
- Organization of Economic Cooperation and Development (OCDE), 1993. Core set of indicators for environmental performance reviews. Environmental Monograph #83. OCDE Paris, France.
- Partida Bush, V., 2008. Proyecciones de la población de México, de las entidades federativas, de los municipios y de las localidades, 2005-2050 (Documento Metodológico). Consejo Nacional de Población. Primera edición: 15 de enero de 2008. .
- Política Ambiental Nacional par el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas (PANDSOC), 2009. [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx).

- Rivera Arriaga, E., G.J. Villalobos, I. Azuz, y F. Rosado, 2004. El Manejo Costero en México. Universidad Autónoma de Campeche, Semarnat, CETYS-Universidad, Universidad de Quintana Roo. 654 pp.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), INEGI e IG (UNAM), 1968-1986. Serie I, Uso de Suelo y Vegetación.
- Semarnat, INEGI e IG(UNAM), 1993. Serie II, Uso de Suelo y Vegetación.
- Semarnat, INEGI e IG(UNAM), 1994. Inventario Nacional Forestal 1994.
- Semarnat, INEGI e IG(UNAM), 2000. Inventario Nacional Forestal 2000.
- Semarnat, 2007. Estrategia Nacional para el Ordenamiento Ecológico del Territorio en Mares y Costas. Política Ambiental Nacional par el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas. Colección Legal. México, DF. 28p
- Seingier, G., 2009. Desarrollo sustentable de las costas mexicanas: escenario de evaluación y monitoreo. Tesis doctoral. Programa de Doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada.
- Seingier, G., I. Espejel, y J.L. Ferman, 2009a. Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. Investigación ambiental. *Ciencia y política pública*, [Online] 1:1.
- Seingier, G., I. Espejel, J.L. Ferman, y O. Delgado, 2010. Vulnerabilidad de las poblaciones costeras ante la peligrosidad natural, enfoque estatal y municipal. p. 669-688. En: E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche Gual y G.J. Villalobos-Zapata (eds.). Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino. Universidad Autónoma de Campeche. CETYS. Gobierno del estado de Campeche. 944 p.
- Seingier, G., I. Espejel, y J.L. Ferman, (en correcciones). Design of an integrated evaluation index of municipal coastal orientation. Cross-comparison of Mexican municipalities. Ecological Indicator.
- Seingier, G., I. Espejel, J.L. Ferman, G. Montaña Cira, I. Azuz Adeath, y G. Aramburo Vizcarra, (enviado). Mexico's coasts: half-way to sustainability. Ocean and coastal management.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA), 2000. In: L.E. Jackson, J.C. Kurtz, W.S. Fisher, (eds.), Evaluation Guidelines for Ecological Indicators. EPA/620/R-99/005, US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Research Triangle Park, NC.
- Ward T., E. Butler, y B. Hill, 1998. Environmental indicators for national state of the environment reporting – Estuaries and the Sea, Australia: State of the Environment (Environmental Indicator Reports), Department of the Environment, Canberra.

Azuz-Adeath, I., J.L. Fermán, I. Espejel, E. Rivera-Arriaga y G. Seingier, y C. Vázquez González, 2010. Antecedentes del proceso de construcción de indicadores para la gestión costera y marina ante el cambio climático de la Red Mexicana de Manejo Integrado Costero-Marino, p. 873-900. En: E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche Gual y G.J. Villalobos-Zapata (eds.). Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino. Universidad Autónoma de Campeche, CetyS-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche. 944 p.

CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO UN ENFOQUE COSTERO Y MARINO

Indicadores para el cambio climático

---

# Antecedentes del proceso de construcción de indicadores para la gestión costera y marina ante el cambio climático de la Red Mexicana de Manejo Integrado Costero-Marino

*Isaac Azuz-Adeath, José Luis Fermán, Ileana Espejel,  
Evelia Rivera-Arriaga, Georges Seingier y Cesar Vázquez González*

---

## RESUMEN

La construcción de indicadores e índices multisectoriales y multidisciplinarios, relacionados con el impacto del cambio climático sobre las zonas marinas y costeras, es una experiencia novedosa en el ámbito nacional que debe ser abordada de manera urgente y generalizada por las instancias vinculadas a estos espacios territoriales. El presente capítulo describe la experiencia de la Red Mexicana de Manejo Integral Costero-Marino en la definición de una serie de temas y en la elaboración de algunos indicadores que pudieran ser integrados en un esquema más general de uso nacional. Este capítulo describe el proceso colegiado que se siguió para definir los temas principales que deberían guiar la creación de los indicadores, así como algunos ejemplos de indicadores específicos propuestos por participantes individuales. La información vertida en los diferentes capítulos de este libro al igual que el proceso que aquí se describe, establecieron la pauta para la construcción del esquema general que se presenta en el capítulo final de esta obra.

## ANTECEDENTES Y ESTRUCTURA

Durante el primer Taller de Trabajo de la Red Mexicana de Manejo Integrado Costero-Marino desarrollado en la ciudad de San Francisco de Campeche, Campeche, en el 2008, se acordó en el contexto de la elaboración y edición del presente libro, el incorporar una sección específica sobre indicadores para la gestión marina y costera ante el cambio climático, en el cual, no tan solo se presentaran indicadores ya existentes y validados, sino que se construyera de manera colegiada un capítulo específico con una propuesta de la Red.

El contar con dicha estructura conceptual permitiría, entre otras cosas:

- Establecer las condiciones de la información existente en el país para la construcción de los indicadores necesarios para evaluar el impacto del cambio climático sobre las zonas costeras y marinas (*i.e.* datos existentes, datos necesarios, datos existentes de manera puntual, datos existentes por región, litoral o a nivel país, escalas espaciales de cobertura y estructura temporal de los datos, etc.).
- Delimitar claramente los fenómenos asociados al cambio climático que pudieran tener repercusiones de largo plazo en la gestión costera y marina del país.
- Analizar la posibilidad de dar seguimiento a escala regional (*e.g.* por litoral o estado) de los cambios en las zonas costeras y marinas que sean una respuesta a las modificaciones asociadas al cambio climático.
- Monitorear y analizar la efectividad y eficiencia de las respuestas tanto gubernamentales como sociales, establecidas en diferentes políticas públicas y acciones sociales.
- Evaluar la capacidad de trabajo multisectorial e interdisciplinario de los miembros de la Red.

La construcción de esta sección ha tenido 4 momentos o etapas claramente diferenciadas:

- a) Un primer momento en el que algunos autores de capítulo de las diferentes secciones de este libro, presentaron de manera implícita o explícita indicadores asociados al tema específico que trataron.
- b) Un segundo momento en el que los diferentes autores de capítulo propusieron indicadores bajo un esquema genérico preestablecido por los coordinadores de la sección.
- c) Un tercer momento durante el Segundo Taller de la Red (Noviembre de 2009), en el que se desarrolló un ejercicio de colaboración grupal con más de 70 participantes divididos en 4 mesas temáticas, en el cual se propusieron áreas del conocimiento y procesos específicos para los que se deberían construir indicadores.
- d) Un cuarto momento en el que se integró la información y se generó la propuesta de indicadores para el manejo costero y marino ante el cambio climático de la Red Mexicana de Manejo Integrado Costero-Marino.

En este sentido, el presente capítulo forma un *continuum* con sus precedentes (*i.e.* estado del arte de los indicadores e índices para el desarrollo sustentable y la gestión ambiental y experiencias mexicanas en el uso de indicadores e índices en el ámbito marino-costero) y es pilar en la elaboración del capítulo final de esta sección (*i.e.* propuesta de indicadores de la Red).

Los coordinadores de esta sección agradecemos profundamente el trabajo presencial y las contribuciones recibidas por medios electrónicos de los integrantes de la Red y de todos los interesados que participaron en esta experiencia. Asimismo expresamos nuestro reconocimiento por el trabajo desarrollado por los coordinadores de mesas en el ejercicio de planeación estratégica, durante el II Taller de la Red Mexicana de Manejo Integral Costero-Marino.

## **INDICADORES E ÍNDICES PRESENTES EN CAPÍTULOS ESPECÍFICOS**

En el capítulo de Yañez-Arancibia y Day (p. 1-22), se presenta una clara descripción de la importancia ecosistémica del complejo: cuenca baja-humedales-delta-lagunas costeras-estuario y pluma estuarina sobre la plataforma continental y la importancia que su conocimiento tiene para la acertada gestión costera. La visión global de este capítulo permite intuir algunos de los índices básicos o modelos que se podrían construir a partir de la definición de indicadores específicos:

- Vulnerabilidad natural e inducida por el cambio climático en lagunas costeras y estuarios.
- Costos por riesgo y desastres sobre los ecosistemas costeros y sus recursos naturales.
- Propuestas de mitigación para proteger los recursos naturales de la zona costera ante los impactos del cambio climático.

En el capítulo de Sánchez-Montante (p. 23-32) y en el de Azuz (p. 33-60), se pone de manifiesto la importancia de los procesos de interacción océano-atmósfera en la evaluación del impacto del cambio climático global sobre las zonas costeras y marinas.

- Se desprenden las siguientes propuestas de indicadores de la Red: cambios respecto a algún valor promedio del contenido de calor oceánico, del nivel medio del mar, de las precipitaciones y modificaciones en los patrones de circulación oceánica y de la frecuencia, intensidad y zonas de impacto de tormentas costeras.
- Se desprenden las siguientes propuestas de indicadores de la Red: cambios o anomalías de la temperatura superficial del mar, de la temperatura máxima registrada en los estados costeros y de fenómenos de largo plazo como las oscilaciones del Atlántico, del Pacífico y de “El Niño”.

En el capítulo de Arcos-Espinoza *et al.* (p. 61-72), se presentan los cambios proyectados de las escorrentías globales respecto al valor promedio del periodo 1961-1990, reportados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2001), de igual forma se muestra el cambio relativo de la escorrentía anual a gran escala (IPCC, 2008). Los autores proponen una proyección de los caudales medio, de estiaje y de grandes avenidas esperados, para los ríos más importantes de las regiones hidrológicas del Golfo de México.

- Se desprende la siguiente propuesta de indicador de la Red: cambios registrados de la escorrentía anual respecto a algún valor de referencia, para las distintas regiones hidrológicas y para los principales ríos del país.

Ospina-Noreña et al. (p. 73-88), presentan los resultados obtenidos de modelar y pronosticar los patrones de temperatura y precipitación esperados para las diferentes regiones hidrológicas del Golfo de México. Los autores presentan los valores del Índice de Lang referidos al periodo 1977-2000, las zonas climáticas definidas por el mismo (modificado por Urbano, 1995) y el grado de presión del recurso hídrico (disponibilidad natural *vs* extracción total).

- Se desprende la siguiente propuesta de indicador de la Red: cambios registrados en la presión del recurso hídrico de manera anual a nivel nacional, de región hidrológica, de estado, de municipio e incluso de localidad.
- Se desprende la siguiente propuesta de indicador de la Red: cambios registrados en la caracterización de zonas climáticas a partir de los cambios anuales en el índice de Lang a usando la modificación de Urbano (1995) a nivel de región hidrológica, de estado y municipio.

El capítulo de Carranza (p. 89-100) relacionado con los factores que afectan los procesos costeros, permite intuir la necesidad de definir indicadores o índices relacionados con los siguientes temas:

- Crecimiento poblacional
- Efecto del crecimiento de la mancha urbana y obras de infraestructura sobre la retención de sedimentos
- Vertimiento de contaminantes al mar
- Aumento del nivel del mar

El capítulo de Ortiz (p. 101-124), presenta una serie de indicadores de acuerdo con el marco de referencia establecido en los capítulos precedentes (índices en el texto del autor) que permiten construir un índice para evaluar la vulnerabilidad de la geomorfología costera (específicamente de las costas de barrera) ante el impacto de fenómenos hidrometeorológicos.

- Se desprende la propuesta de índice global de la Red: Vulnerabilidad física de las costas de barrera. Para la construcción de dicho índice general se involucrarían los siguientes índices particulares, construidos a partir de diversos indicadores explicados en la contribución de Ortiz (cuidado con la diferencia en el manejo de la nomenclatura):
  - Emplazamiento espacial de la barrera.
  - Dimensiones morfográficas y morfométricas de la barrera.
  - Composición y organización espacial de las unidades naturales de la barrera.
  - Llanuras costeras-Planicie de cordones.
  - Asimilación antrópica.

El capítulo de Escofet et al. (p. 159-180) presenta un análisis de vulnerabilidad orientado a la gestión litoral a partir del uso de hábitat, en el que identifican una “vulnerabilidad natural o intrínseca” en las playas marinas, una “vulnerabilidad ecológica” en los playeros, y una potencial “vulnerabilidad institucional” en el proceso de gestión.

Sobre esa base, Escofet y Monti desarrollaron el Indicador de Estado “Vulnerabilidad de base frente a la elevación marina” y el Indicador de Presión “Vulnerabilidad inducida frente a la elevación marina”, que se presentan en la última sección de este capítulo.

Los capítulos de Padilla-Souza *et al.* (p. 181-204), De la Lanza *et al.* (p. 205-230), Yañez-Arancibia *et al.* (p. 231-262) y Herrera *et al.* (p. 421-436), analizan el impacto que el cambio climático global pudiera tener sobre algunos elementos de la diversidad biológica y los medios ambientes costeros, a partir del estudio de especies, ambientes y regiones específicas. Se desprende del análisis de dichos documentos que la Red necesita elaborar indicadores e índices específicos para monitorear los siguientes elementos:

- Arrecifes coralinos.
- Humedales en general y en particular marismas y manglares.

El capítulo de Lara (p. 277-288), pone de manifiesto la importancia del estudio de la diversidad y ecología microbiana marina y su relación con los efectos potenciales del cambio climático. A partir de dicho documento y dado el impacto potencia sobre la salud humana y del ecosistema que pudiera tener, se considera importante que la Red tome en cuenta para la elaboración de indicadores y su posible incorporación en índices más generales algunos elementos relacionados con:

- Diversidad bacteriana marina.
- Virus marinos.
- Actomicetos marinos.
- Hongos marinos.

El capítulo de Haces (p. 289-304) presenta un referente de análisis para el fenómeno del cambio climático y expone de manera explícita diferentes indicadores e índices.

Se desprende la siguiente propuesta para la Red:

- Evaluación del indicador de aridez.
- Evaluación del indicador de sequedad.
- Evaluación del Índice de Lang.

Los capítulos de Solana-Sansores (p. 305-318), Flores-Nava (p. 319-334), Flores-Hernández *et al.* (p.437-452), Arreguín-Sánchez (p. 453-464), Solana-Sansores y Campeán-Jiménez (p. 465-472), Bazzino (p. 473-482), Lluch-Belda (p. 483-492), Zárata-Noble y Solana-Sansores (p. 493-498), Lluch-Cota y Lluch-Cota (p. 505-518) y González-Peláez y Lluch-Cota (p. 519-532), abordan diferentes aspectos relacionados con el impacto del cambio climático en diversas especies pesqueras y en la acuicultura. A partir de la lectura de dichos documentos, se hace evidente la necesidad de que la Red incorpore indicadores o índices que permitan evaluar, cuando menos, los siguientes rubros:

- Modificaciones en los fenómenos oceanográficos de escala regional y en las propiedades físico-químicas del agua, particularmente de los ambientes costeros.
- Modificaciones en el ciclo hidrológico de las zonas costeras.
- Modificaciones en los aportes de nutrientes y sedimentarios.
- Aspectos económicos relacionados con la pesca.
- Aspectos sociales de la pesca y la acuicultura.
- Modificaciones en la distribución de las especies comerciales.
- Modificaciones en las relaciones ecológicas de las especies.

- Modificaciones en los regímenes de pesca.
- Adaptaciones y vulnerabilidad de especies particulares.
- Efectos en las operaciones pesqueras y en las instalaciones portuarias.

El capítulo de Barrada ( p. 335-346) describe la importancia que representa el cambio climático para las actividades agropecuarias y forestales en los estados costeros de México. Resulta particularmente importante, por las implicaciones económicas y sociales que estos sectores tienen, que la red incorporara indicadores o índices que permitieran monitorear el impacto potencial del cambio climático sobre ellos. Se proponen las siguientes temáticas relacionadas con los sectores agropecuario y forestal:

- Cambios en el ciclo hidrológico.
- Cambios en el comportamiento de los fenómenos meteorológicos extremos.
- Cambios en las temperaturas máximas y mínimas.
- Cambios en las fronteras agropecuarias y forestales.
- Adecuación de las políticas públicas.
- Vulnerabilidad y viabilidad de las especies agrícolas y forestales.
- Aparición o expansión de plagas y enfermedades.

Los capítulos de Azuz *et al.* (p. 347-360), Sosa-Ferreira y Campos-Cámara (p. 361-380) y Fraga *et al.* (p. 381-406), tratan el tema del cambio climático y el turismo. Por la importancia económica del sector y por los impactos que produce y recibe en las zonas costeras, es necesario propiciar la elaboración por parte de la Red de indicadores o índices que aborden cuando menos los siguientes aspectos:

- Contribuciones regionales del sector turismo al cambio climático.
- Impactos regionales sobre el sector turístico de zonas costeras atribuibles al cambio climático.

El capítulo de Treviño *et al.* (407-420) aborda el tema del impacto del cambio climático sobre las vías de comunicación y el transporte. Resulta sumamente importante para la Red establecer indicadores sobre esta temática debido a los altos costos económicos que resultan de su protección, mantenimiento y rehabilitación, pero también de su carácter estratégico para el desarrollo y la comunicación del país. Se desprende la siguiente propuesta de indicadores para la Red:

- Costo de protección, mantenimiento y rehabilitación de la red carretera, portuaria, ferroviaria y urbana asociado a los efectos del cambio climático (mitigación).
- Índice de vulnerabilidad ante el cambio climático de los principales corredores de la red carretera nacional que se ubique o pase por estados costeros.
- Índice de adaptación ante el cambio climático de los principales corredores de la red carretera nacional que se ubique o que pase por estados costeros.

Dichos índices deberán contemplar indicadores que involucren aspectos económicos, ambientales e institucionales (modificaciones en los criterios y normas de construcción).

Los trabajos de González-Turrubiates (p.591-606), Posada-Vanegas y Vega-Serratos (p. 607-622), Sosa-Ferreira (p. 623-638) y Seingier *et al.* (p. 669-688), abordan diferentes aspectos

de la vulnerabilidad y el impacto del cambio climático sobre las zonas costeras. La mayoría de estos artículos está centrado en la elaboración de propuestas metodológicas para la elaboración de índices e indicadores, por lo cual se remite al autor directamente a su lectura.

Se desprende la siguiente propuesta de indicadores para la Red:

- Índice de riesgo costero.
- Índice de peligrosidad costera.
- Índice de vulnerabilidad socioambiental costera.
- Índice de riesgo por inundaciones.
- Índice de riesgo físico por inundaciones.
- Índice de vulnerabilidad prevaleciente.

Los trabajos de Beck *et al.* (p. 559-590), Barba *et al.* (p.639-654), y Figueroa (p. 655-668), presentan diferentes aspectos del cambio climático, su impacto y posibles acciones de mitigación sobre los habitantes y el patrimonio cultural de las zonas costeras y marinas. Este es quizá el apartado donde se requiere un mayor trabajo por parte de la Red, para generar índices e indicadores que integren y permitan monitorear estos factores. Se propone el trabajo sobre las siguientes temáticas:

- Patrimonio urbano y dinámica poblacional.
- Patrimonio cultural, etnografía y tradiciones.
- Patrimonio arqueológico y antropológico (costero, marino superficial y sub-acuático).

Los trabajos de Rivera-Arriaga y Azuz (p. 737-772), Chica-Ruiz (p. 773-788) y Vidal (p. 789-810), plantean diversos aspectos de la gobernanza en las zonas costeras y marinas del país y la influencia del cambio climático sobre ellas. Se desprende la necesidad de elaborar índices e indicadores que contemplen las acciones en los siguientes ámbitos:

- Instrumentos de planeación federales, estatales y municipales.
- Organización y acciones sociales.
- Instrumentos legales y regulatorios del ámbito federal, estatal y municipal.
- Evaluación de capacidades en los ámbitos federal, estatal y municipal.

Finalmente, los trabajos de Muños y Martínez (p. 811-822), y Gutiérrez *et al.* (p. 823-842), ponen de manifiesto la necesidad de desarrollar indicadores que permitan evaluar el proceso de formación de recursos humanos ante los retos que plantea el cambio climático. Se reconoce que esta área de desarrollo deberá trabajarse de manera exhaustiva y que los resultados obtenidos se deberán traducir a políticas públicas en todos los niveles de gobierno, para que las acciones que se deriven sean realmente efectivas a largo plazo. Se desprenden las siguientes temáticas de análisis:

- Procesos de educación formal.
- Procesos de educación, concientización y sensibilización informal.

## CONSTRUCCIÓN INDIVIDUAL DE INDICADORES BAJO UN FORMATO PREESTABLECIDO

La metodología de trabajo con la que se construyó este apartado se describe a continuación. Por medios electrónicos se les hizo llegar a los diferentes integrantes de la red una pequeña descripción de lo que se esperaba lograr y la mecánica de su desarrollo, la propuesta incluía la siguiente información.

### OBJETIVOS

Para lograr construir dicho capítulo de manera colaborativa, el presente ejercicio tiene los siguientes objetivos:

- a) Construir una serie de indicadores básicos asociados a la temática particular de cada capítulo del libro.
- b) Construir una serie de índices que agrupen indicadores básicos.
- c) Representar por medio de un sistema de información geográfica (GIS) los índices y/o indicadores pertinentes.
- d) Construir un modelo útil para la gestión costera y marina a partir de la integración de índices.

### MECÁNICA DE TRABAJO

- 1) Los autores de capítulo deberán proponer de 1 a 3 indicadores, siguiendo el formato anexo.
- 2) Los autores de capítulo deberán enviar dichos indicadores a los coordinadores en fechas definidas
- 3) Durante el II Taller de Trabajo de la Red Mexicana de Manejo Integrado Costero-Marino (Campeche, Cam., del 03 al 05 noviembre del 2009) se presentarán los indicadores generados.
- 4) Durante el II Taller de Trabajo de la Red Mexicana de Manejo Integrado Costero-Marino (Campeche, Cam., del 03 al 05 noviembre del 2009) se presentará una propuesta de integración y se presentarán los índices generados (propuesta).
- 5) Posterior a la reunión de Campeche, se trabajará en la elaboración de mapas de los indicadores e índices pertinentes (GIS) y se hará una propuesta de modelo.
- 6) La estructura final del capítulo se circulará entre los participantes para su validación.

## MARCO CONCEPTUAL (SÍNTESIS)

El uso de indicadores en la gestión ambiental ha demostrado ser una buena herramienta para suministrar y presentar información, al igual que como un elemento de seguimiento y monitoreo del impacto de la instrumentación de políticas públicas.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE/OECD, 2000, 2003) define un indicador como un parámetro (propiedad que se mide u observa), o valor derivado de otros parámetros, dirigido a proveer información y describir el estado de un fenómeno, ambiente o área, con un significado añadido mayor que el directamente asociado a su propio valor. Por otra parte, establece que un índice será un conjunto agregado o ponderado de parámetros o indicadores.

La función de los indicadores ambientales es, por una parte, la de reducir el número de mediciones y parámetros que normalmente se requerirían para dar una representación exacta de una situación y por la otra, simplificar el proceso de comunicación por medio del cual, los resultados de las mediciones se comunicarían a los usuarios o tomadores de decisiones (OCDE/OECD, 2000, 2003).

La tabla 1 resume algunos de los criterios que se deben tener en cuenta a la hora de crear o utilizar indicadores (OCDE/OECD, 2003).

El marco de referencia conceptual más comúnmente empleado en el manejo de indicadores es el modelo **PRESIÓN-ESTADO-RESPUESTA (P-E-R)**:

- Indicadores de Presión: Describen las presiones que se dan sobre el medio ambiente.
- Indicadores de Estado: Describen el estado que guarda el medio ambiente.
- Indicadores de Respuesta: Describen las respuestas de la sociedad y los gobiernos.

**Tabla 1.** Criterios a seguir a la hora de crear o utilizar indicadores.

Criterios	Características deseables
Relevantes para las políticas públicas y para los usuarios.	Que den una visión representativa de las condiciones ambientales.
	Que sean simples, fáciles de interpretar y que permitan mostrar tendencias temporales.
	Que tenga un umbral o valor de referencia contra el cual compararse.
	Que sean sensibles a los cambios ambientales y a las actividades humanas.
	Que permitan realizar comparaciones entre diferentes regiones.
Robustos y consistentes desde el punto de vista analítico.	Que se puedan desarrollar a nivel nacional, regional, estatal o municipal.
	Que teóricamente estén bien fundamentados con bases científicas y técnicas.
	Que se basen en estándares o consensos sobre su validez.
Medibles	Que directamente puedan ser asociados a modelos o sistemas de información geográfica.
	Que los datos del indicador se puedan obtener fácilmente.
	Que los datos del indicador puedan ser obtenidos a un bajo costo.
	Que los datos sean confiables y estén documentados de manera correcta.
Traducción y adecuación a partir de OCDE/OECD, 2003.	

**Formato para la construcción de indicadores  
para la gestión costero/marina ante el cambio climático**

Nombre del Indicador y símbolo propuesto:	Clave:
Autor(es):	
Variables, datos o parámetros que involucra el indicador (nombre, símbolo y unidad de medición):	
Forma analítica del indicador (fórmula):	
Descripción cualitativa del indicador (¿qué mide?):	
Carácter del indicador: Nacional ( ) Estatal ( ) Regional ( ) Municipal ( ) Local ( )	
Periodicidad con la que se puede/debe calcular el indicador (e.g. década, sexenio, anual, mensual, etc.):	
Fuente de obtención de las variables, datos o parámetros del indicador (indicar desde cuándo existe información y con qué periodicidad se genera):	
Umbral o valor de referencia del parámetro (indicar fuente):	
Rango de valores cuantitativos del parámetro, que permiten establecer criterios cualitativos de calificación:	
Rango: de            a            → Aceptable/Bueno/Verde	
Rango: de            a            → Neutro/Regular/Amarillo	
Rango: de            a            → Inaceptable/Malo/Rojo	
Clasificación del indicador: Presión ( ) Estado ( ) Respuesta ( )	
Observaciones o comentarios:	

Los objetivos originales de la propuesta resultaron ser muy ambiciosos y no fue posible ni construir índices generales, ni presentarlos por medio de sistemas de información geográficos ni establecer de manera colegiada ningún modelo global.

Algunos de los problemas detectados para la consecución de los objetivos originales, tuvieron su origen en:

- Inexistencia de series de tiempo largas (que permitieran visualizar los posibles impactos del cambio climático) para extensas zonas del litoral del país.
- Problemas para establecer con claridad bajo algún esquema de priorización, las variables que deben ser medidas para monitorear el impacto del cambio climático sobre las zonas costeras y marinas.
- Divergencia en las escalas de actuación de los indicadores propuestos.
- Inexperiencia en la construcción de indicadores multidisciplinarios.
- Falta de tiempo para consensuar el proceso de normalización/estandarización y ponderación de los datos con el fin de elaborar índices generales.
- Sesgos profesionales o vacíos sectoriales o disciplinarios en el grupo de trabajo.
- Escases de referentes internacionales o nacionales que contribuyan a la evaluación integral de las regiones marinas y costeras.
- Carencia de espacios institucionales y apoyos económicos para desarrollar un proyecto de esta envergadura.

A pesar de esta experiencia, la cual por si misma aporta varias enseñanzas, se logro construir una serie de indicadores específicos (los cuales se presentan en el siguiente apartado) y una propuesta general de indicadores de la Red (ver siguiente capítulo).

## RESULTADOS DE LA ETAPA DE INTERACCIÓN A DISTANCIA (INDICADORES ESPECÍFICOS)

Nombre del Indicador y símbolo propuesto: <b>Superficie protegida de ecosistemas costeros con distribución restringida (SUPECODIR)</b>	Clave:
Autor(es): Juan E. Bezaury Creel	
Variables, datos o parámetros que involucra el indicador (nombre, símbolo y unidad de medición): - cobertura del ecosistema o ambiente a nivel nacional, estatal, regional o municipal (ha) - cobertura del ecosistema o ambiente por unidad de protección (ha) - el indicador se expresará como el % del protegido del total nacional etc. protegido.	
Forma analítica del indicador (fórmula): Medición directa por medio de Sistema de Información Geográfica.	
Descripción cualitativa del indicador (¿qué mide?): Porcentaje de la superficie de los ecosistemas o ambientes (arrecifes y comunidades coralinas, humedales costeros, manglares, marismas salobres, pastos marinos, islas marinas, islas costeras interiores, sitios de agregación reproductiva) existentes a nivel nacional etc., bajo algún instrumento de protección legal o social (área natural protegida, área de refugio para flora y fauna acuática, norma oficial mexicana, instrumento de regulación pesquera, ordenamiento ecológico del territorio, sitio Ramsar, reserva privada o social, etc.).	
Carácter del indicador: Nacional ( ) Estatal ( ) Regional ( ) Municipal ( ) Local ( )	
Periodicidad con la que se puede/debe calcular el indicador (e.g. década, sexenio, anual, mensual, etc.):	
Fuente de obtención de las variables, datos o parámetros del indicador (indicar desde cuándo existe información y con qué periodicidad se genera): Variable para cada tipo de ecosistema o ambiente. Habrá necesidad de ir construyendo paulatinamente las líneas de base (e.g. Por un lado Conabio ya cuenta con la información de base con la superficie de los manglares a nivel nacional de excelente calidad, al mismo tiempo que para los pastos marinos no existe ni siquiera una estimación aventurada de su cobertura).	
Umbral o valor de referencia del parámetro (indicar fuente): el indicador se expresará como el % protegido del total nacional, o desagregados a nivel de % del total Estatal Regional o Municipal.	
Rango de valores cuantitativos del parámetro, que permiten establecer criterios cualitativos de calificación: Rango: de 75 a 100 → Aceptable/Bueno/Verde Rango: de 50 a 74 → Neutro/Regular/Amarillo Rango: de 0 a 49 → Inaceptable/Malo/Rojo	
Clasificación del indicador: Presión ( ) Estado ( X ) Respuesta ( )	
Observaciones o comentarios: se utilizaría la mejor información disponible en el momento de utilizar el indicador, actualizando los indicadores previos conforme se obtengan líneas de base más precisas. Este indicador contempla exclusivamente la existencia de una herramienta que permite su conservación, sin evaluar la efectividad de la misma, por lo que se complementa con el indicador: Efectividad en la protección de ecosistemas costeros con distribución restringida (EFECODIR).	

Nombre del Indicador y símbolo propuesto: <b>Existencia de Atlas de Riesgo Municipal</b>	Clave:
Autor(es): Fernando Rosete	
Variables, datos o parámetros que involucra el indicador (nombre, símbolo y unidad de medición): Número de municipios costeros con atlas de riesgo, EARM, unidades	
Forma analítica del indicador (fórmula): (# Mpios costeros con atlas de riesgo en el estado x/# total de municipios costeros en el Edo. x) * 100	
Descripción cualitativa del indicador (;qué mide?): el porcentaje de municipios costeros de un Estado que cuentan con atlas de riesgo municipal.	
Carácter del indicador: Nacional ( ) Estatal ( X ) Regional ( ) Municipal ( ) Local ( )	
Periodicidad con la que se puede/debe calcular el indicador (e.g. década, sexenio, anual, mensual, etc.):	
Fuente de obtención de las variables, datos o parámetros del indicador (indicar desde cuándo existe información y con qué periodicidad se genera): CENAPRED, Sedesol y Protección Civil de cada estado de la República Mexicana.	
Umbral o valor de referencia del parámetro (indicar fuente): no aplica.	
Rango de valores cuantitativos del parámetro, que permiten establecer criterios cualitativos de calificación: Rango: de 65 a 100 → Aceptable/Bueno/Verde Rango: de 35 a 65 → Neutro/Regular/Amarillo Rango: de 0 a 35 → Inaceptable/Malo/Rojo	
Clasificación del indicador: Presión ( ) Estado ( ) Respuesta ( X )	
Observaciones o comentarios:	

Nombre del Indicador y símbolo propuesto: <b>Existencia de mapas de vulnerabilidad de la población</b>	Clave:
Autor(es): Fernando Rosete	
Variables, datos o parámetros que involucra el indicador (nombre, símbolo y unidad de medición): número de localidades con mapas de vulnerabilidad de la población, EMVP, unidades	
Forma analítica del indicador (fórmula): (# localidades con mapas de vulnerabilidad en el Mpio. x / # total de localidades del Mpio. x) * 100.	
Descripción cualitativa del indicador (¿qué mide?): el porcentaje de municipios costeros de un Estado que cuentan con atlas de riesgo municipal.	
Carácter del indicador: Nacional ( ) Estatal ( ) Regional ( ) Municipal ( X ) Local ( )	
Periodicidad con la que se puede/debe calcular el indicador (e.g. década, sexenio, anual, mensual, etc.): anual.	
Fuente de obtención de las variables, datos o parámetros del indicador (indicar desde cuándo existe información y con qué periodicidad se genera): CENAPRED, Sedesol y Protección Civil de cada estado de la República Mexicana y del municipio en particular.	
Umbral o valor de referencia del parámetro (indicar fuente): no aplica.	
Rango de valores cuantitativos del parámetro, que permiten establecer criterios cualitativos de calificación: Rango: de 65 a 100 → Aceptable/Bueno/Verde Rango: de 35 a 65 → Neutro/Regular/Amarillo Rango: de 0 a 35 → Inaceptable/Malo/Rojo	
Clasificación del indicador: Presión ( ) Estado ( ) Respuesta ( X )	
Observaciones o comentarios:	

Nombre del Indicador y símbolo propuesto: <b>Índice de marginación de Conapo</b>	Clave:
Autor(es): Fernando Rosete	
Variables, datos o parámetros que involucra el indicador (nombre, símbolo y unidad de medición): Índice de marginación, IM, unidades	
Forma analítica del indicador (fórmula):	
Descripción cualitativa del indicador (¿qué mide?):	
Carácter del indicador: Nacional ( ) Estatal ( ) Regional ( ) Municipal ( X ) Local ( )	
Periodicidad con la que se puede/debe calcular el indicador (e.g. década, sexenio, anual, mensual, etc.): lustro.	
Fuente de obtención de las variables, datos o parámetros del indicador (indicar desde cuándo existe información y con qué periodicidad se genera): Conapo	
Umbral o valor de referencia del parámetro (indicar fuente): no aplica.	
Rango de valores cuantitativos del parámetro, que permiten establecer criterios cualitativos de calificación: Rango: de a → Aceptable/Bueno/Verde Rango: de a → Neutro/Regular/Amarillo Rango: de a → Inaceptable/Malo/Rojo	
Clasificación del indicador: Presión ( ) Estado ( X ) Respuesta ( )	
Observaciones o comentarios:	

Nombre del Indicador y símbolo propuesto: <b>Áreas con OET costero decretado</b>	Clave:
Autor(es): Fernando Rosete	
Variables, datos o parámetros que involucra el indicador (nombre, símbolo y unidad de medición): número de OET en zonas costeras decretados, AOETCD, unidades.	
Forma analítica del indicador (fórmula): (área con OET decretado en Ha /área total de la región, estado o municipio) * 100	
Descripción cualitativa del indicador (¿qué mide?): el porcentaje de superficie de una región, un estado o un municipio con OET en zona costera decretados.	
Carácter del indicador: Nacional ( X ) Estatal ( X ) Regional ( X ) Municipal ( X ) Local ( )	
Periodicidad con la que se puede/debe calcular el indicador (e.g. década, sexenio, anual, mensual, etc.): anual.	
Fuente de obtención de las variables, datos o parámetros del indicador (indicar desde cuándo existe información y con qué periodicidad se genera): Semarnat (DGPAIRS), gobiernos estatales (área de ecología y/o medio ambiente) y gobiernos municipales (área de ecología y/o medio ambiente).	
Umbral o valor de referencia del parámetro (indicar fuente): no aplica.	
Rango de valores cuantitativos del parámetro, que permiten establecer criterios cualitativos de calificación: Rango: de 65 a 100 → Aceptable/Bueno/Verde Rango: de 35 a 65 → Neutro/Regular/Amarillo Rango: de 0 a 35 → Inaceptable/Malo/Rojo	
Clasificación del indicador: Presión ( ) Estado ( ) Respuesta ( X )	
Observaciones o comentarios:	

Nombre del Indicador y símbolo propuesto: <b>Nivel de riesgo de la población municipal (3 valores, muy alto, alto y medio)</b>	Clave:
Autor(es): Fernando Rosete	
Variables, datos o parámetros que involucra el indicador (nombre, símbolo y unidad de medición): ubicación de la población respecto a su nivel de riesgo, NRPM, individuos.	
Forma analítica del indicador (fórmula): (población municipal con riesgo muy alto [alto o medio] /población total del municipio) * 100	
Descripción cualitativa del indicador (¿qué mide?): el porcentaje de la población total del municipio en diferentes niveles de riesgo (3: muy alto, alto y medio).	
Carácter del indicador: Nacional ( ) Estatal ( ) Regional ( ) Municipal ( X ) Local ( )	
Periodicidad con la que se puede/debe calcular el indicador (e.g. década, sexenio, anual, mensual, etc.): anual.	
Fuente de obtención de las variables, datos o parámetros del indicador (indicar desde cuándo existe información y con qué periodicidad se genera): Sedesol, CENAPRED, Protección Civil del Estado, Protección Civil del Municipio.	
Umbral o valor de referencia del parámetro (indicar fuente): no aplica.	
Rango de valores cuantitativos del parámetro, que permiten establecer criterios cualitativos de calificación: Rango: de 0 a 35 → Aceptable/Bueno/Verde Rango: de 35 a 65 → Neutro/Regular/Amarillo Rango: de 65 a 100 → Inaceptable/Malo/Rojo	
Clasificación del indicador: Presión ( ) Estado ( X ) Respuesta ( )	
Observaciones o comentarios:	

**CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO**

## Indicadores

Nombre del Indicador y símbolo propuesto: <b>% de superficie de vegetación natural modificada en ANP</b>	Clave:
Autor(es): Fernando Rosete	
Variables, datos o parámetros que involucra el indicador (nombre, símbolo y unidad de medición): porcentaje de la superficie de las ANP con vegetación natural modificada, SVNMANP, hectáreas.	
Forma analítica del indicador (fórmula): (superficie vegetación modificada en el ANP/superficie total del ANP) * 100 Donde n es la cantidad de años entre la fecha 1 y la 2	
Descripción cualitativa del indicador (¿qué mide?): La cantidad de superficie que cambia de la cubierta de vegetación natural en las ANP.	
Carácter del indicador: Nacional ( X ) Estatal ( X ) Regional ( X ) Municipal ( X ) Local ( X )	
Periodicidad con la que se puede/debe calcular el indicador (e.g. década, sexenio, anual, mensual, etc.): lustro, o cada que exista información disponible actualizada a nivel nacional.	
Fuente de obtención de las variables, datos o parámetros del indicador (indicar desde cuándo existe información y con qué periodicidad se genera): INEGI, Conafor, Conanp.	
Umbral o valor de referencia del parámetro (indicar fuente): no aplica.	
Rango de valores cuantitativos del parámetro, que permiten establecer criterios cualitativos de calificación: Rango: de 0 a 10 → Aceptable/Bueno/Verde Rango: de 10 a 30 → Neutro/Regular/Amarillo Rango: de 30 a 100 → Inaceptable/Malo/Rojo	
Clasificación del indicador: Presión ( ) Estado ( X ) Respuesta ( )	
Observaciones o comentarios:	

Nombre del Indicador y símbolo propuesto: <b>Cambio de vegetación natural en ANP</b>	Clave:
Autor(es): Fernando Rosete	
Variables, datos o parámetros que involucra el indicador (nombre, símbolo y unidad de medición): tasa de cambio de vegetación natural en ANP, TCVNANP, hectáreas.	
Forma analítica del indicador (fórmula): (superficie vegetación natural fecha 1/superficie veg. Nat. Fecha 2)1/n - 1 Donde n es la cantidad de años entre la fecha 1 y la 2	
Descripción cualitativa del indicador (¿qué mide?): la cantidad de superficie que cambia de la cubierta de vegetación natural en las ANP.	
Carácter del indicador: Nacional ( X ) Estatal ( X ) Regional ( X ) Municipal ( X ) Local ( X )	
Periodicidad con la que se puede/debe calcular el indicador (e.g. década, sexenio, anual, mensual, etc.): lustro, o cada que exista información disponible actualizada a nivel nacional.	
Fuente de obtención de las variables, datos o parámetros del indicador (indicar desde cuándo existe información y con qué periodicidad se genera): INEGI, Conafor, Conanp.	
Umbral o valor de referencia del parámetro (indicar fuente): no aplica.	
Rango de valores cuantitativos del parámetro, que permiten establecer criterios cualitativos de calificación: Rango: de 0.0 a 000.1 → Aceptable/Bueno/Verde Rango: de 000.1 a 00.1 → Neutro/Regular/Amarillo Rango: de 00.1 a 0.1 → Inaceptable/Malo/Rojo	
Clasificación del indicador: Presión ( ) Estado ( X ) Respuesta ( )	
Observaciones o comentarios:	

Nombre del Indicador y símbolo propuesto: <b>RECICLADO, <math>\Sigma Ri, i= 1 a n</math></b>	Clave:
Autor(es): Propuesta para revisión, retomada por Miguel Ángel Haces Zorrilla	
Variables, datos o parámetros que involucra el indicador (nombre, símbolo y unidad de medición): RECICLADO, en porcentaje (%), adimensional, relaciona de una o varias actividades humanas. Mide la eficiencia en volver a usar, reutilizar o restituir los recursos usados para producir un insumo o producto terminado en el total o sus partes en un primer ciclo. Se relaciona con la sustentabilidad.	
Forma analítica del indicador (fórmula): RECICLADO $i = (\text{masa, peso o unidades producidas})_i / (\text{masa, peso o unidades en ciclos reutilizados.})$ $R_t = \text{Reciclado del lapso } t$ $R_t = \Sigma (R_i / P_i)$ $RT = \Sigma R_t$ $\left\{ \begin{array}{l} \Sigma (f(v_i)) = \text{sumatoria de las variables indizadas} \\ P_i = \text{producción ciclo } i \\ \text{Suma } R_i = \text{suma de los ciclos de reutilización del recuso } i \\ RT = \text{Reciclado Total de un sector o insumos de un sector o de un producto} \end{array} \right.$	
Descripción cualitativa del indicador (¿qué mide?): cantidad de masa, peso o unidades de un ciclo económico reutilizados, en un número de ciclos durante un lapso. El período depende de la actividad económica, desde instantes, hasta vidas humanas.	
Carácter del indicador: Nacional ( X ) Estatal ( X ) Regional ( X ) Municipal ( X ) Local ( X )	
Periodicidad con la que se puede/debe calcular el indicador (e.g. década, sexenio, anual, mensual, etc.): instantes hasta vidas humanas. Se sugiere: Nacional sexenal; Estatal y Municipal Anual; Sector organizado: por semestre o trimestre, familiar: aplicación de encuestas por trimestre. En particular se debe contemplar el tamaño del sector y el carácter del indicador: El indicador puede ser parcial de una actividad industrial, o global del sector.	
Fuente de obtención de las variables, datos o parámetros del indicador (indicar desde cuándo existe información y con qué periodicidad se genera): datos de las Cámaras, autoridades y particulares, y revistas especializadas. Usualmente varios años.	
Umbral o valor de referencia del parámetro (indicar fuente): igual o mayor al crecimiento económico o poblacional o ambos. Criterio o lógica de sustentabilidad. Informe Brundtland, 1972.	
Rango de valores cuantitativos del parámetro, que permiten establecer criterios cualitativos de calificación por período $R_t$ : Rango: de $R_t > \text{Crecimiento económico}$ → Sustentabilidad probable asegurada /Verde Rango: de $R_t > \text{Crecimiento población}$ → Sustentabilidad probable/Amarillo Rango: de $R_t < \text{Crecimiento poblacional}$ → Sustentabilidad imposible/Rojo ó Crecimiento económico	
Clasificación del indicador: Presión ( ) Estado ( X ) Respuesta ( )	
Observaciones o comentarios: Adaptar el concepto legal de la LEGEPA para su Utilización enfocada a visualizar la aplicación para determinar la sustentabilidad por actividades de un sector. Aplicar el criterio en actividades por sectores: económicos, sociales, culturales, políticos administrativos. Se pretende tipificar la sustentabilidad de la comunidad con miras a contemplar, al menos, las principales actividades que permiten la sustentabilidad de todas las demás.	

<p>Nombre del Indicador y símbolo propuesto: <b>Coficiente de sequedad: CS</b></p>	<p>Clave:</p>
<p>Autor(es): Propuesta para revisión sugerida por Miguel Ángel Haces Zorrilla</p>	
<p>Variables, datos o parámetros que involucra el indicador (nombre, símbolo y unidad de medición):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Variables, datos o parámetros que involucra el indicador (nombre, símbolo y unidad de medición): CS = Rn/ Rip</li> <li>• CS = Coficiente de sequedad</li> <li>• Rn = Radiación solar neta</li> <li>• Rip = Radiación solar necesaria para evaporar la lamina anual precipitada</li> </ul> <p>Relaciona la energía solar incidente entre la energía requerida para evaporar la lámina de agua precipitada. Se relaciona con la sustentabilidad.</p>	
<p>Forma analítica del indicador (fórmula):  <math>RESTITUCIÓN i = (Energía \text{ que llega a la atmósfera?} / (energía \text{ requerida para evaporar la lamina precipitada anual})</math></p> <p>CS= Rn/Rni: <math>\left\{ \begin{array}{l} CS = \text{Coficiente de sequedad} \\ Rn = \text{Energía solar incidente} \\ Rni = \text{Energía requerida para evaporar la lamina anual precipitada} \end{array} \right.</math></p>	
<p>Descripción cualitativa del indicador (¿qué mide?): balance de energías durante un lapso. El período depende de la actividad económica, desde instantes, hasta períodos de vidas humanas.</p>	
<p>Carácter del indicador: Nacional ( X ) Estatal ( X ) Regional ( X ) Municipal ( X ) Local ( X )</p>	
<p>Periodicidad con la que se puede/debe calcular el indicador (e.g. década, sexenio, anual, mensual, etc.): instantes hasta vidas humanas. Se sugiere balances Nacional por años o estaciones, Estatal y Municipal por estaciones y mensual, Puntual por mes, con mediciones según la NOM. Usualmente se toma en períodos de 10 minutos, permanentemente en las estaciones climatológicas: Para Países estados y municipio, anual; para municipios y comunidades menores, mensual.</p>	
<p>Fuente de obtención de las variables, datos o parámetros del indicador (indicar desde cuándo existe información y con qué periodicidad se genera): Datos de las estaciones de medición de las industrias, Estaciones meteorológicas oficiales, universidades y revistas especializadas. Datos obtenidos durante períodos, según necesidades de proyectos, usualmente varios años.</p>	
<p>Umbral o valor de referencia del parámetro (indicar fuente): igual o mayor a uno, asegura el suministro de agua a la sociedad. Lógica de sustentabilidad. Informe Brundtland, 1972.</p>	
<p>Rango de valores cuantitativos del parámetro, que permiten establecer criterios cualitativos de calificación:</p> <p>Rango: de CS &gt;= 2 Crecimiento económico → Sustentabilidad probable asegurada /Verde</p> <p>Rango: de CS &gt; Crecimiento población → Sustentabilidad probable/Amarillo</p> <p>Rango: de CS &lt; Crecimiento poblacional ó Crecimiento económico → Sustentabilidad imposible/Rojo</p>	
<p>Clasificación del indicador: Presión ( ) Estado ( X ) Respuesta ( )</p>	
<p>Observaciones o comentarios: Adaptar el concepto legal de la LEGEPA para su Utilización enfocada a visualizar la aplicación para determinar la sustentabilidad por actividades de un sector.</p> <p>Aplicar el criterio en actividades por sectores: económicos, sociales, culturales, políticos administrativos.</p> <p>Se pretende tipificar la sustentabilidad de la comunidad con miras a contemplar al menos las principales actividades que permiten la sustentabilidad por todas sus actividades.</p>	

Nombre del Indicador y símbolo propuesto: <b>Porcentaje de área costera degradada</b>	Clave:
Autor(es): Alfredo Ortega-Rubio, Azuz-Adeath Isaac, Patricia Muñoz-Sevilla, Evelia Rivera-Arriaga	
Variables, datos o parámetros que involucra el indicador (nombre, símbolo y unidad de medición): Total de Área Intacta entre el Total de Área Degradada.	
Forma analítica del indicador (fórmula): AI/AD	
Descripción cualitativa del indicador (:qué mide?): el porcentaje de degradación .	
Carácter del indicador: Nacional ( X ) Estatal ( X ) Regional ( X ) Municipal ( X ) Local ( X )	
Periodicidad con la que se puede/debe calcular el indicador (e.g. década, sexenio, anual, mensual, etc.): década, sexenio, anual, mensual.	
Fuente de obtención de las variables, datos o parámetros del indicador (indicar desde cuándo existe información y con qué periodicidad se genera): fotografías aéreas, imágenes de satélite.	
Umbral o valor de referencia del parámetro (indicar fuente): de 0 % a 100 %.	
Rango de valores cuantitativos del parámetro, que permiten establecer criterios cualitativos de calificación: Rango: de 0 % a 10 % → Aceptable/Bueno/Verde Rango: de 11 % a 30 % → Neutro/Regular/Amarillo Rango: de 30 % a 100 % → Inaceptable/Malo/Rojo	
Clasificación del indicador: Presión ( X ) Estado ( X ) Respuesta ( X )	
Observaciones o comentarios: este indicador evalúa directamente el Grado de Conservación y de Integridad de un Ecosistema Costero.	

Nombre del Indicador y símbolo propuesto: <b>Programas de educación ambiental (PA)</b>	Clave:
Autor(es): Blanca E. Gutiérrez Barba, Shafia Sucar, Felipe Martínez, Ricardo Torres	
Variables, datos o parámetros que involucra el indicador (nombre, símbolo y unidad de medición): número de programas de educación ambiental implementados.	
Forma analítica del indicador (fórmula): AI/AD	
Descripción cualitativa del indicador (:qué mide?): cantidad de programas de educación ambiental implementados	
Carácter del indicador: Nacional ( X ) Estatal ( X ) Regional ( X ) Municipal ( X ) Local ( X )	
Periodicidad con la que se puede/debe calcular el indicador (e.g. década, sexenio, anual, mensual, etc.): anual.	
Fuente de obtención de las variables, datos o parámetros del indicador (indicar desde cuándo existe información y con qué periodicidad se genera): no hay antecedente.	
Umbral o valor de referencia del parámetro (indicar fuente): información gubernamental.	
Rango de valores cuantitativos del parámetro, que permiten establecer criterios cualitativos de calificación: Rango: de 2 a → Aceptable/Bueno/Verde Rango: de 1 a → Neutro/Regular/Amarillo Rango: de 0 a → Inaceptable/Malo/Rojo	
Clasificación del indicador: Presión ( ) Estado ( ) Respuesta ( X )	
Observaciones o comentarios:	

Nombre del Indicador y símbolo propuesto: <b>Esfuerzos de vinculación</b>	Clave:
Autor(es): Blanca E. Gutiérrez Barba	
Variables, datos o parámetros que involucra el indicador (nombre, símbolo y unidad de medición): - número de convenios (NC) adimensional - monto de los convenios (\$) en miles de pesos - número de organismos participantes (OP) adimensional	
Forma analítica del indicador (fórmula): $OP * \$ * NC$	
Descripción cualitativa del indicador (¿qué mide?): las acciones de vinculación, el involucramiento de las organizaciones y la importancia de la acción (se toma el monto del financiamiento como “quasi” de la importancia de las acciones).	
Carácter del indicador: Nacional ( <input checked="" type="checkbox"/> ) Estatal ( <input checked="" type="checkbox"/> ) Regional ( <input checked="" type="checkbox"/> ) Municipal ( <input checked="" type="checkbox"/> ) Local ( <input checked="" type="checkbox"/> )	
Periodicidad con la que se puede/debe calcular el indicador (e.g. década, sexenio, anual, mensual, etc.): anual.	
Fuente de obtención de las variables, datos o parámetros del indicador (indicar desde cuándo existe información y con qué periodicidad se genera): no hay antecedente.	
Umbral o valor de referencia del parámetro (indicar fuente): información institucional.	
Rango de valores cuantitativos del parámetro, que permiten establecer criterios cualitativos de calificación: Rango: de 2 a → Aceptable/Bueno/Verde Rango: de 1 a → Neutro/Regular/Amarillo Rango: de 0 a → Inaceptable/Malo/Rojo	
Clasificación del indicador: Presión ( <input type="checkbox"/> ) Estado ( <input checked="" type="checkbox"/> ) Respuesta ( <input checked="" type="checkbox"/> )	
Observaciones o comentarios: dado que no se tiene antecedentes, no se puede establecer el rango de valores que establezcan criterios de desempeño. Sin embargo si es posible establecer que lo deseable es una tendencia al aumento del valor del indicador.	

Nombre del Indicador y símbolo propuesto: <b>Vulnerabilidad de Base Frente a Elevación Marina (VBFEM)</b>	Clave:
Autor(es): Escofet y Monti	
Variables, datos o parámetros que involucra el indicador (nombre, símbolo y unidad de medición): Playas Progradables Sin Objetos Expuestos Tangibles Antrópicos (PPSin)[número]; Playas No Progradables (PNP) [número]; Playas Progradables Con Objetos Expuestos Tangibles Antrópicos (PPCon) [número]	
Forma analítica del indicador (fórmula): $\# PPSIN - (\# PNP + \# PPCON) / 100$	
Descripción cualitativa del indicador (¿qué mide?): mide la vulnerabilidad natural de las playas frente a la elevación marina.	
Carácter del indicador: Nacional ( X ) Estatal ( X ) Regional ( X ) Municipal ( X ) Local ( X )	
Periodicidad con la que se puede/debe calcular el indicador (e.g. década, sexenio, anual, mensual, etc.): mensual a semestral.	
Fuente de obtención de las variables, datos o parámetros del indicador (indicar desde cuándo existe información y con qué periodicidad se genera): cartografía y campo.	
Umbral o valor de referencia del parámetro (indicar fuente): no existe.	
Rango de valores cuantitativos del parámetro, que permiten establecer criterios cualitativos de calificación: Rango: de 0 a positivo → Menos Vulnerable Rango: de 0 a 0 → Neutro Rango: de 0 a negativo → Más Vulnerable	
Clasificación del indicador: Presión ( ) Estado ( X ) Respuesta ( )	
Observaciones o comentarios: El trabajo de campo es indispensable .	

Nombre del Indicador y símbolo propuesto: <b>Vulnerabilidad Inducida frente a Elevación Marina (VIFEM)</b>	Clave:
Autor(es): Escofet y Monti	
Variables, datos o parámetros que involucra el indicador (nombre, símbolo y unidad de medición): Playas Progradables Sin Objetos Expuestos Tangibles Antrópicos (PPSin) [número]; Playas Progradables Con Objetos Expuestos Tangibles Antrópicos (PPCon) [número].	
Forma analítica del indicador (fórmula): $\# PPSIN - \# PPCON / 100$	
Descripción cualitativa del indicador (¿qué mide?): mide el grado en que el desarrollo urbano puede inducir un aumento de la vulnerabilidad natural frente a la elevación marina, por convertir en segmentos no progradables, lo que naturalmente podría progradar.	
Carácter del indicador: Nacional ( X ) Estatal ( X ) Regional ( X ) Municipal ( X ) Local ( X )	
Periodicidad con la que se puede/debe calcular el indicador (e.g. década, sexenio, anual, mensual, etc.): mensual a semestral.	
Fuente de obtención de las variables, datos o parámetros del indicador (indicar desde cuándo existe información y con qué periodicidad se genera): cartografía y campo.	
Umbral o valor de referencia del parámetro (indicar fuente): no existe.	
Rango de valores cuantitativos del parámetro, que permiten establecer criterios cualitativos de calificación: Rango: de 0 a positivo → Aceptable/Bueno/Verde Rango: de 0 a 0 → Neutro/Regular/Amarillo Rango: de 0 a negativo → Inaceptable/Malo/Rojo	
Clasificación del indicador: Presión ( X ) Estado ( ) Respuesta ( )	
Observaciones o comentarios: El trabajo de campo es indispensable.	

Nombre del Indicador y símbolo propuesto: <b>Tasa de Deforestación (D)</b>	Clave:
Autor(es): Este es un indicador que se maneja a nivel internacional.	
Variables, datos o parámetros que involucra el indicador (nombre, símbolo y unidad de medición): Vegetación y uso de suelo año inicial (D1) Vegetación y uso de suelo año de análisis (D2) Número de años entre 1 y 2..	
Forma analítica del indicador (fórmula): $D = (D2 - D1) / N$	
Descripción cualitativa del indicador (¿qué mide?): cobertura vegetal en una superficie específica.	
Carácter del indicador: Nacional ( X ) Estatal ( X ) Regional ( X ) Municipal ( X ) Local ( )	
Periodicidad con la que se puede/debe calcular el indicador (e.g. década, sexenio, anual, mensual, etc.): anual, quinquenal. etc.	
Fuente de obtención de las variables, datos o parámetros del indicador (indicar desde cuándo existe información y con qué periodicidad se genera): carta de vegetación y uso actual de suelos series II y III INEGI	
Umbral o valor de referencia del parámetro (indicar fuente):	
Rango de valores cuantitativos del parámetro, que permiten establecer criterios cualitativos de calificación: Rango: de <260,000 ha/año → Aceptable/Bueno/Verde Rango: de =260,000ha/año → Neutro/Regular/Amarillo Rango: de >260,000ha/año → Inaceptable/Malo/Rojo	
Clasificación del indicador: Presión ( X ) Estado ( X ) Respuesta ( )	
Observaciones o comentarios: es posible incorporar este indicador a un GIS fácilmente-arroja información atribuible a diversos factores que impacta en la desaparición de los bosques.	

Nombre del Indicador y símbolo propuesto: <b>Riesgo de la Infraestructura (IRI)</b>	Clave:
Autor(es): I. Azuz-Adeth.	
Variables, datos o parámetros que involucra el indicador (nombre, símbolo y unidad de medición): distancia de la infraestructura a la "playa" (Lp) [m]; alto de la infraestructura (h){m}	
Forma analítica del indicador (fórmula): $IRI = (h) (A) / Lp$	
Descripción cualitativa del indicador (¿qué mide?): lo expuesto de la infraestructura turística en función de lo ancho de la misma, lo alto y la distancia que los separa de la playa.	
Carácter del indicador: Nacional ( ) Estatal ( ) Regional ( ) Municipal ( ) Local ( X )	
Periodicidad con la que se puede/debe calcular el indicador (e.g. década, sexenio, anual, mensual, etc.): episódico	
Fuente de obtención de las variables, datos o parámetros del indicador (indicar desde cuándo existe información y con qué periodicidad se genera): medición directa	
Umbral o valor de referencia del parámetro (indicar fuente): por definir	
Rango de valores cuantitativos del parámetro, que permiten establecer criterios cualitativos de calificación: Rango: de a → Aceptable/Bueno/Verde Rango: de a → Neutro/Regular/Amarillo Rango: de a → Inaceptable/Malo/Rojo	
Clasificación del indicador: Presión ( ) Estado ( X ) Respuesta ( )	
Observaciones o comentarios: este indicador puede ser considerado también como un elemento de bloqueo del paisaje costero por infraestructura. Su definición requiere análisis más detallados.	

Nombre del Indicador y símbolo propuesto: <b>Naturalidad del Paisaje Costero (NPC)</b>	Clave:
Autor(es): I. Azuz-Adeath.	
Variables, datos o parámetros que involucra el indicador (nombre, símbolo y unidad de medición): longitud de la línea de costa (Lc) [km]; número de estructuras presentes (#E) [-]; superficie promedio ocupada por la infraestructura (SupProm)[km]	
Forma analítica del indicador (fórmula): $NPC = Lc * 1 - \#E * (SupProm)$	
Descripción cualitativa del indicador (¿qué mide?): el área que se encuentra libre de infraestructura en promedio en una superficie de $Lc * 1\ 000$ m.	
Carácter del indicador: Nacional ( X ) Estatal ( X ) Regional ( X ) Municipal ( X ) Local ( X )	
Periodicidad con la que se puede/debe calcular el indicador (e.g. década, sexenio, anual, mensual, etc.): municipal (3 años), estatal y nacional (6 años)	
Fuente de obtención de las variables, datos o parámetros del indicador (indicar desde cuándo existe información y con qué periodicidad se genera): medición directa	
Umbral o valor de referencia del parámetro (indicar fuente): por definir	
Rango de valores cuantitativos del parámetro, que permiten establecer criterios cualitativos de calificación: Rango: de a → Aceptable/Bueno/Verde Rango: de a → Neutro/Regular/Amarillo Rango: de a → Inaceptable/Malo/Rojo	
Clasificación del indicador: Presión ( ) Estado ( X ) Respuesta ( )	
Observaciones o comentarios: este indicador puede ser considerado también como un elemento de bloqueo del paisaje costero por infraestructura.	

Nombre del Indicador y símbolo propuesto: <b>Riesgo del Turista(RT)</b>	Clave:
Autor(es): I. Azuz-Adeath.	
Variables, datos o parámetros que involucra el indicador (nombre, símbolo y unidad de medición): longitud de la línea de costa (Lc) [km]; número de estructuras presentes (#E) [-]; superficie promedio ocupada por la infraestructura (SupProm)[km]; % ocupación hotelera (OH) [%]; probabilidad de impacto ciclónico (PIC) [.]	
Forma analítica del indicador (fórmula): $RT = \#E * (SupProm) * (OH) * (PIC)$	
Descripción cualitativa del indicador (¿qué mide?): el porcentaje de turistas que se ubican en infraestructura costera en riesgo de sufrir un impacto ciclónico	
Carácter del indicador: Nacional ( X ) Estatal ( X ) Regional ( X ) Municipal ( X ) Local ( X )	
Periodicidad con la que se puede/debe calcular el indicador (e.g. década, sexenio, anual, mensual, etc.): anual.	
Fuente de obtención de las variables, datos o parámetros del indicador (indicar desde cuándo existe información y con qué periodicidad se genera): medición directa y datos INEGI	
Umbral o valor de referencia del parámetro (indicar fuente): por definir	
Rango de valores cuantitativos del parámetro, que permiten establecer criterios cualitativos de calificación: Rango: de a → Aceptable/Bueno/Verde Rango: de a → Neutro/Regular/Amarillo Rango: de a → Inaceptable/Malo/Rojo	
Clasificación del indicador: Presión ( X ) Estado ( X ) Respuesta ( )	
Observaciones o comentarios: este indicador puede ser considerado también como un elemento de bloqueo del paisaje costero por infraestructura.	

## **RESULTADOS DEL EJERCICIO DE PLANEACIÓN ESTRATÉGICA (TEMÁTICA DE LOS INDICADORES)**

De manea colegiada se establecieron los siguientes temas prioritarios para cada una de las 5 mesas de trabajo, sobre los cuales se deberán generar indicadores:

<b>Elementos Ambientales para tomadores de decisiones</b>	
<b>Tema</b>	<b>Descripción</b>
1	Procesos costeros.
2	Ecosistemas marinos.
3	Vegetación.
4	Agua.
5	Cuencas.
6	Meteorología.
<b>Economía y uso de espacios marinos y costeros</b>	
<b>Tema</b>	<b>Descripción</b>
1	Azolvamiento y clima marítimo.
2	Operación y protección portuaria.
3	Movimiento de carga.
4	Economía pesquera.
5	Bienes públicos.
6	Costos ambientales.
7	Erosión y crecimiento de playas.
8	Planeación.
9	Inundaciones.
10	Pesquerías.
<b>Habitantes y patrimonio</b>	
<b>Tema</b>	<b>Descripción</b>
1	Vulnerabilidad territorial costera.
2	Adaptación de las poblaciones costeras.
3	Composición y tendencias demográficas.
4	Riesgos derivados del cambio climático.
5	Estrategias o políticas de mitigación o adaptación.
6	Marginación y deterioro ambiental.
7	Ordenamientos costeros.
8	Superficies protegidas de ecosistemas costeros escasos.
9	Efectividad de manejo de los ecosistemas.

<b>Formación de recursos humanos</b>	
<b>Tema</b>	<b>Descripción</b>
1	Vinculación academia, gobierno, sector productivo y sociedad civil.
2	Formación ambiental profesional.
3	Investigación científica, tecnológica y educativa.
4	Inversión en formación y capacitación de recursos humanos.
5	Difusión y problemática ambiental.
6	Ciudadanía y medio ambiente.
7	Participación de universidades públicas y privadas.
<b>Gobernanza</b>	
<b>Tema</b>	<b>Descripción</b>
1	Planeación a largo plazo que trascienda tiempos políticos y años fiscales.
2	Adecuación del marco legal a la complejidad de los ecosistemas costeros y sus usos y la eficiencia en su planeación.
3	Fortalecimiento de las capacidades institucionales y ciudadanas.
4	Educación e investigación.

Como resultado de este ejercicio de planeación participativa, adicionalmente se generó la siguiente declaratoria:

San Francisco de Campeche, Campeche a 4 de Noviembre del 2009.

El trabajo realizado por la Red Mexicana de Manejo Integrado Costero-Marino en relación con las zonas costeras y marinas mexicanas ante los efectos del cambio climático ha conducido a la siguiente

#### DECLARACIÓN DE CAMPECHE

Para afrontar los retos que plantea el cambio climático es necesario incrementar la GOBERNANZA, fortaleciendo las capacidades institucionales y ciudadanas; realizando una planeación de largo plazo que trascienda los tiempos políticos y años fiscales; adecuando el marco legal a la complejidad de los ecosistemas marino-costeros y sus usos, e incrementando la eficiencia en la aplicación de dicho marco legal.

También resulta prioritario proteger a los HABITANTES Y SU PATRIMONIO, para lo cual es necesario incrementar el porcentaje de áreas que cuenten con ordenamientos costeros decretados; evaluar la vulnerabilidad territorial costera y la capacidad de adaptación de sus pobladores y sobre todo, buscar disminuir la marginación y el deterioro ambiental.

La ECONOMÍA Y LOS USOS DE LOS ESPACIOS COSTEROS Y MARINOS, solamente podrán conducir a un desarrollo duradero si se realiza una adecuada planeación: del desarrollo urbano y regional, de la instalación de vías de comunicación y del manejo de residuos, tratando de disminuir en todo momento los costos ambientales.

Los ELEMENTOS AMBIENTALES QUE LOS TOMADORES DE DECISIONES deberán considerar para conocer el impacto del cambio climático sobre las zonas costeras del país son fundamentalmente: los procesos costeros, los ecosistemas marinos y las cuencas.

Todos estos aspectos no se podrán lograr si no se hace una importante inversión en la FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN DE RECURSOS HUMANOS, fortaleciendo los procesos de vinculación entre la academia, el gobierno, los sectores productivos y la sociedad civil.

## CONCLUSIONES

México requiere urgentemente instrumentar programas y estrategias que permitan monitorear (con un enfoque de largo plazo y bajo metodologías comunes) las variables más importantes para poder evaluar el impacto del cambio climático en sus zonas marinas y costeras.

El trabajo de la Red Mexicana para el Manejo Integrado de la Zona Costera y Marina permitió establecer 36 temas clave sobre los que es necesario trabajar a profundidad para generar indicadores, los cuales pudieran contribuir con las políticas públicas y acciones sociales derivadas del fenómeno del cambio climático.

Se propusieron 19 indicadores puntuales o específicos, de los cuales, de acuerdo con la propia clasificación otorgada por sus autores, 1 da información sobre la presión que recibe el medio, 10 describen el estado que guarda el ambiente, 3 permiten evaluar respuestas sociales o institucionales y 4 permiten evaluar cuando menos dos rubros de los antes mencionados.

A partir del análisis de los diferentes capítulos que componen este libro, se pudieron identificar una serie de propuestas de indicadores o índices, presentados de manera explícita por parte de los autores o bien manejados de manera implícita en la explicación de sus postulados o en el análisis de sus observaciones.

Este material contribuyó a la construcción del capítulo final de esta sección en dónde se presenta la propuesta de medición de indicadores de la Red Mexicana para el Manejo Integral Costero y Marino para evaluar el fenómeno del cambio climático sobre las zonas costeras y marinas.

Esta propuesta de indicadores de la Red Mexicana para el Manejo Integrado Costero-Marino se debe insertar en un marco conceptual más amplio. Los diferentes capítulos de este libro pueden contribuir a identificar indicadores sobre las fuerzas generadoras (D), las presiones que estas ejercen (P), el estado del ambiente (S), los impactos que sufre o puede sufrir (I) y las respuestas que da la sociedad en general para contrarrestarlas (R).

A partir de esta información será necesario construir índices generales que permitan, de una manera efectiva y eficiente, hacer un monitoreo rutinario del estado que guardan las zonas costeras y marinas con un enfoque de largo plazo, para darlo a conocer entre la sociedad, y de esta forma contribuir a tomar las acciones y medidas adecuadas y a establecer políticas públicas claras y en casos procedentes incidir en la definición de instrumentos legales y regulatorios.

A continuación se presenta un referente conceptual que puede servir de guía para la continuidad de este trabajo.



## LITERATURA CITADA

- OCDE/OECD, 2000. Frameworks to Measure Sustainable Development. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE/OECD), París, 164 p.
- OCDE/OECD, 2003. OECD Environmental Indicators. Development, Measurement and Use. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE/OECD), París, 37 p.

Azuz-Adeath, I., M. C. Arredondo-García, I. Espejel, E. Rivera-Arriaga, G. Seingier y J. L. Fermán., 2010. Propuesta de indicadores de la Red Mexicana de Manejo Integrado Costero-Marino, p. 901-940. En: E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche Gual y G.J. Villalobos-Zapata (eds.). Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino. Universidad Autónoma de Campeche, Cetsys-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche. 944 p.

---

# Propuesta de indicadores de la Red Mexicana de Manejo Integrado Costero-Marino

*Isaac Azuz-Adeath, María Concepción Arredondo-García, Ileana Espejel,  
Evelia Rivera-Arriaga, Georges Seingier y Jose Luis Fermán*

---

## RESUMEN

A partir del trabajo colaborativo de la Red Mexicana de Manejo Integrado Costero-Marino, se proponen una serie de indicadores que permitirán evaluar el impacto del cambio climático sobre las áreas costeras y marinas mexicanas. Los indicadores propuestos se consideran los mínimos necesarios para poder monitorizar desde una perspectiva ecosistémica el comportamiento de las zonas costeras y marinas en el mediano y largo plazo, considerando escalas espaciales de evaluación que van desde el ámbito nacional hasta el municipal. Para poder evaluar y validar esta serie de indicadores es necesario realizar un importante esfuerzo de coordinación institucional para la medición de las diferentes variables involucradas en el cálculo de los indicadores específicos. La propuesta establece tanto la frecuencia de medición mínima como los ambientes específicos de obtención de la información. En los capítulos precedentes, se propone un marco de referencia general, para que una vez que sean calculados los indicadores, puedan ser integrados en índices generales. Asimismo se presentan algunos casos de estudio de los cuales se pudieran retomar los esquemas de representación visual de los indicadores e índices.

## INTRODUCCIÓN

El interés y la necesidad de un desarrollo sustentable, al igual que la preocupación frente a las amenazas que pesan sobre el ambiente y el manejo de los recursos naturales, han llevado a que los planificadores, tomadores de decisión y los organismos no gubernamentales principalmente, examinen los medios de los que se dispone para evaluar y vigilar la evolución y tendencias en el estado del ambiente, en el uso de los recursos naturales y en los procesos de desarrollo (Winoograd *et al.*, 1995). Es así como el diseño de indicadores ambientales recibe desde la década pasada una atención especial por parte de los investigadores y académicos de todo el mundo.

El concepto de indicador proviene del verbo latino *indicare*, que significa revelar o señalar, aplicado a la sostenibilidad, se concreta en un conjunto de parámetros especialmente diseñados para obtener información específica, según objetivos predeterminados, de algún aspecto considerado prioritario, de la relación sociedad-naturaleza. Sin embargo, algunos analistas han usado los términos “indicador” e “índice” de manera indistinta, para referirse a cualquier estadístico o conjunto de estadísticos que de manera intuitiva den alguna medida general del desempeño, generación o evolución de fenómenos de interés. Otros analistas han desarrollado, de manera particular, definiciones y sistemas de clasificación para tipos y usos de índices, sobre la estructura de los índices y para los esquemas de los procesos donde se emplean.

El análisis del medio marino y costero, desde el punto de vista de su gestión, ha evolucionado de la medición puntual exhaustiva de variables específicas, la identificación de temas claves de atención prioritaria y la generación de indicadores para el monitoreo de aspectos estrictamente disciplinarios, hasta la generación de indicadores e índices integrales para la evaluación de la dimensión ambiental, social, económica e institucional de las áreas marinas, costeras, y su interacción con las actividades antropogénicas que ocurren en las regiones terrestres adyacentes, en diferentes escalas espaciales, desde el ámbito local hasta el global pasando por los niveles regionales y nacionales (*e.g.* EEA, 1996, 1998, 2003, 2007; van Buuren *et al.*, 2002; Belfiore *et al.*, 2003; IOC-UNESCO, 2006).

En la actualidad es relativamente común para los científicos analistas, enfatizar el comportamiento de variables específicas y cruzarlas con las escalas temporales y espaciales asociadas a problemas ambientales, para advertir las dificultades que estos problemas representan para las instituciones políticas encargadas de su manejo.

Esto, conlleva una disyuntiva espacial: los problemas ambientales no respetan las fronteras políticas y los críticos se quejan de que los gobiernos tienen problemas para responder en las escalas espaciales y temporales pertinentes (Meadowcroft, 2000).

Las escalas espaciales se relacionan, indiscutiblemente, con la delimitación territorial del poder político, son las áreas físicas sobre las cuales, la estructura política mantiene el poder.

En la tabla 1, se presenta las diferentes escalas de planeación posibles, el tipo de indicador que es posible establecer y el uso que estos pueden tener.

Desde una perspectiva histórica, en una primera etapa, la construcción de indicadores para la gestión ambiental adolecía de profundidad y representatividad temática en lo que a zonas marinas y costeras se refiere. Por ejemplo, para abordar el tema de “Océanos, Mares y Costas” las

**Tabla 1.** Escalas de planeación y niveles de los indicadores (Modificado de Winograd *et al.*, 1995)

Escalas	Nivel de indicadores	Usos
Global	Índices Indicadores agregados	Seguimiento de temas prioritarios y áreas de problemas, negociación y diseño de políticas y acciones.
Nacional	Índices Indicadores agregados Indicadores simples	Identificación y seguimiento de áreas de problemas, negociación y diseño de estrategias y acciones.
Regional	Índices Indicadores agregados Indicadores simples	Identificación de temas prioritarios y áreas de problemas, diseño de estrategias y acciones. Análisis de causas, efectos y respuestas potenciales.
Local	Indicadores simples Datos o mediciones directas	Identificación de temas prioritarios. Análisis, seguimiento y prueba de acciones y respuestas.

Naciones Unidas (UN-CSD, 2001) proponían exclusivamente dos sub-temas: zonas costeras y pesquerías. Para el caso de las zonas costeras utilizaban como indicadores: a) concentraciones de algas en zonas costeras y b) porcentaje de la población total viviendo en las áreas costeras; para el caso de las pesquerías proponían solamente un indicador: a) captura anual de las especies más representativas.

Por otra parte, la identificación de elementos y temas para analizar los procesos de planeación y gestión marino-costera, se enfocaron fundamentalmente en la evaluación de los Planes y Programas para el Manejo Costero Integral (PMCI), centrándose la mayoría de las veces en la dimensión institucional (*e.g.* Cicin-Sain y Knecht, 1998; Kay y Alder, 2005; Cicin-Sain *et al.*, 2005).

En lo que respecta al cambio climático global, la atención inicial se centró en las emisiones de sustancias que disminuían la capa de ozono atmosférico y los procesos de generación de gases de efecto invernadero (UNEP, 1989; UN, 1992 y 1998). Entre las diferentes acciones propuestas en el Convenio Marco para el Cambio Climático, la creación del Panel Intergubernamental de Expertos ha producido algunos de los mayores resultados. Los trabajos del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) pusieron de manifiesto, entre otras cosas, los importantes efectos que estos cambios globales tendrían sobre los ambientes marinos y costeros (IPCC, 1990; 1995; 2001; 2007).

La mayoría de los indicadores ambientales propuestos en la última década han tomado en cuenta el efecto del cambio climático (*e.g.* EEA, 2006; 2008), básicamente en función de: el aumento acelerado del nivel del mar, los cambios en los patrones de temperaturas, vientos, precipitaciones e inundaciones, la acidificación de los océanos y el posible aumento de la intensidad y frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos (*e.g.* IPCC, 2007).

En el ámbito nacional, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat, 2005), siguiendo el esquema Presión-Estado-Respuesta, propuso como indicadores para los ecosistemas costeros y oceánicos (tabla 2).

**Tabla 2.** Indicadores para los ecosistemas costeros y oceánicos (Semarnat, 2005).

<b>Indicadores de Presión</b>	<b>Indicadores de Estado</b>	<b>Indicadores de Respuesta</b>
Captura pesquera nacional.	Especies mexicanas marinas en riesgo.	Áreas naturales protegidas federales en zonas marinas.
Esfuerzo pesquero nacional.		Actividades de inspección y vigilancia de los recursos pesqueros.
Captura de fauna de acompañamiento.		Ordenamientos ecológicos decretados en zonas marinas y costeras.
Superficie afectada por las redes de arrastre.		
Producción nacional de camarón.		
Producción nacional acuícola en entidades costeras.		
Fugas y derrames de hidrocarburos, descarga de contaminantes y agua congénita en zonas marinas.		
Pozos exploratorios y en desarrollo perforados en zonas marinas.		
Crecimiento poblacional de la zona costera.		
Turistas en destinos costeros.		
Carga marítima transportada y pasajeros transportados.		
Especies invasoras en ecosistemas marinos y costeros nacionales.		
Variación en la temperatura del agua marina.		

Por su parte, la Estrategia Nacional de Cambio Climático (Semarnat, 2007), identifica cinco regiones prioritarias de atención para las cuales el aumento acelerado del nivel del mar pudiera provocar afectaciones significativas, y analiza el impacto del aumento en los fenómenos meteorológicos y sequía sobre las actividades turísticas. Propone en el área de investigación y desarrollo el “Diseño de Sistemas de Información, Evaluación y Monitoreo de la Situación Ambiental de Océanos y Costas”. El Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012 (PECC, 2009), presenta dos objetivos relacionados con los océanos y zonas costeras, ambos asociados a mantener: la integridad y las capacidades de disminución de riesgo de estas áreas. Ninguno de los dos documentos mencionados presenta de manera explícita indicadores.

La aplicación de indicadores socioeconómicos y ecológicos de manera integrada, se ha utilizado básicamente en la planeación del suelo y mar, tanto en áreas protegidas (ANP), como en la elaboración de Ordenamientos Ecológicos (OE) regionales y locales y mapas de riesgo y vulnerabilidad, en zonas costeras y marinas de México.

El marco conceptual del uso de indicadores que actualmente sugiere la Semarnat para la planificación y manejo de la zona costera, está basado en el modelo de indicadores para la sustentabilidad de la OCDE (Presión-Estado-Respuesta y ahora de Fuerzas Motrices-Estado-Impacto-Respuesta).

El primer Ordenamiento Ecológico Marino, desarrollado y decretado en el Golfo de California, está basado en este modelo (DOF, 2006). En ordenamientos sectoriales de esta misma zona se utilizó el modelo de indicadores en el proyecto denominado escalera náutica (Espejel *et al.*, 2004). En OE de menor escala se aplicó en un valle vitivinícola con influencia costera (Espejel *et al.*, 1999), en los municipios costeros de Campeche (Rivera-Arriaga *et al.*, 2006) y en otros corredores costeros regionales (entre muchos otros, Múgica *et al.*, 2000; Arredondo *et al.*, 2007; Euan-Avila *et al.*, 2007).

Los primeros OE del país que utilizaron variables tipo indicadores socioambientales como vulnerabilidad y riesgo, fueron financiados por la OEA a través del Instituto Nacional de Ecología (INE) de la Semarnat (Bojórquez-Tapia, 1993). El primero se realizó en Cancún, Quintana Roo y ha sido actualizado varias veces (Vidal, 2010), el de la Paz y Los Cabos en Baja California Sur en 2008, en Nayarit (Moreno-Casasola *et al.*, 1990; Bojórquez-Tapia *et al.*, 1997), y en la franja costera del noroeste de México, entre Tijuana y Ensenada (Gómez-Morín *et al.*, 1993 a y b) posteriormente, en su actualización con un municipio nuevo (Bringas-Rábago *et al.*, 2002) y de nuevo en proceso de actualización (IMIP, 2010)

El uso de indicadores se ha aplicado en ANP marinas (Fermán-Almada *et al.*, 1997), y ha dado como resultado el primer plan de manejo decretado para una ANP marina en México. También se aplicó en una ANP de un desierto costero (Espejel *et al.*, 2006).

El uso de indicadores multiescalares para medir la vulnerabilidad de la costa, se encuentran en las tesis de doctorado, de carácter metodológico, de García-Gastelum (2006) y Arredondo-García (2006), sintetizadas en (Espejel *et al.*, 2007).

Se ha propuesto el uso de indicadores para la definición de áreas con potencial de conservación en la zona costera (Alvarado, 2000), para objetivos tan específicos como la conservación de ciertos tipos de vegetación como las dunas (Espejel *et al.*, 2004), el matorral costero (Espejel *et al.*, 2001), o el uso de un indicadores fáciles de medir para la zona costera del continente americano (Escofet y Espejel, 2004).

Asimismo, se ha incursionado en el uso de indicadores que incluyen la percepción social y que se integran, de otra manera, en la planeación y certificación de playas recreativas (Espejel *et al.*, 2007; Cervantes *et al.*, 2008 a y b). También han sido empleados para evaluar los niveles de vulnerabilidad y riesgo ante fenómenos como la erosión (Azuz-Adeath, 2002).

Hay estudios importantes a nivel nacional para establecer las características socio-económicas de las zonas costeras el país (Juárez, 2000; Sánchez-Gil *et al.*, 2004) y sobre la dinámica de crecimiento poblacional por localidades y municipios costeros (Gutiérrez de MacGregor y González Sánchez, 1999; Padilla Sotelo, 2000; Azuz y Rivera, 2009). Es importante mencionar el trabajo de Gabriel-Morales y Pérez-Damián (2006) como uno de los pocos estudios que incorpora indicadores de instrumentos de gobernanza en material ambiental.

Ante escenarios de cambio climático, y en el marco de medir la vulnerabilidad de sitios costeros, se pueden encontrar trabajos disponibles en la red. Destacan los de riesgos oceanográficos que han afectado ciudades costeras y que más recursos han recibido del FONDEN (*e.g.* Wilma y Stan) (Sara-Gutiérrez *et al.*, 2007 y Juárez Gutiérrez *et al.*, 2006). Otros analizan el alcance de los huracanes y el riesgo de las poblaciones aunque no sea en sitios costeros, como sucede en el centro de la península de Yucatán (Frausto *et al.*, 2006). Cabe destacar todos los estudios que hay para el diseño de los atlas de riesgo, en este caso para ciudades costeras: entre otros, el de las costas chiapaneca y colimense (Atlas Estatal Digital de Chiapas, 2006; Ayuntamiento de Manzanillo, 2004). Dentro de los atlas hay que mencionar los esfuerzos del Instituto Nacional de Salud Pública (CRISP, 2009) en sus estudios sobre vulnerabilidad social con el usos de indicadores locales, por ejemplo para construir un índice de sismicidad ligado a los asentamientos humanos y un índice de inundación a partir de un evento meteorológico extremo (Ramsey *et al.*, 2009) y también los de sequía (Hernández *et al.*, 2000).

Las aproximaciones más recientes con estudios a nivel nacional aparecen en Seingier *et al.*, (2009) y en diversos capítulos de este libro.

## **INDICADORES PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO, EL DESARROLLO SUSTENTABLE Y LA GESTIÓN INTEGRADA DE LAS ZONAS COSTERAS Y MARINAS DE MÉXICO**

A partir de los esquemas metodológicos descritos en las secciones y capítulos precedentes, se ha propuesto un esquema conceptual para la construcción de indicadores de la Red. Los indicadores que aquí se presentan se inscriben en la conjunción de los indicadores previamente establecidos sobre desarrollo sustentable, cambio climático y gestión de zonas marinas y costeras.

Estos indicadores propuestos buscan establecer el estado básico de las zonas marinas y costeras, su posible evolución y los cambios que estas experimenten ante diferentes acciones tendientes a mitigar o adecuarse ante los impactos del cambio climático en la búsqueda de estados superiores del desarrollo sustentable.

En la construcción de estos indicadores se ha buscado tener el conjunto mínimo de elementos que permitan responder a la pregunta ¿cuáles serán los impactos del cambio climático sobre las zonas marinas y costeras de México? (figura 1)

Desde el punto de vista de la clasificación de los indicadores generados y de acuerdo con los referentes internacionales expuestos, se han propuesto las siguientes categorías:

- a) Indicadores para la evaluación de los servicios ambientales
  - Fuente
  - Soporte
  - Sumidero



**Figura 1.** Esquema conceptual para la construcción de los indicadores de la Red Mexicana de Manejo Integrado Costero-Marino.

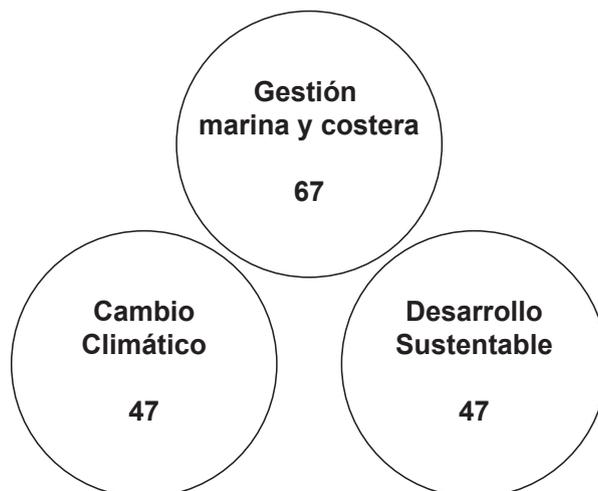
2) Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental

- Fuerza motriz o presión
- Estado o impacto
- Respuesta

Es importante resaltar que varios indicadores pueden caer en dos o más categorías de las antes mencionadas.

A continuación se presenta el número de indicadores asociados a cada dimensión descrita (figura 2).

**Indicadores propuestos según dimensión**



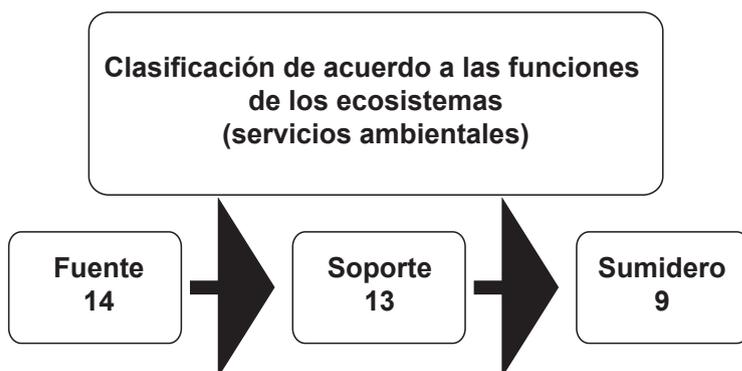
**Figura 2.** Número de indicadores generados según dimensión.

De acuerdo con la tipología sugerida para la evaluación de los servicios ambientales y del desempeño ambiental, las figuras 3 y 4 muestran los resultados globales obtenidos, es decir, el número de indicadores propuestos que caen en cada una de las clasificaciones establecidas.

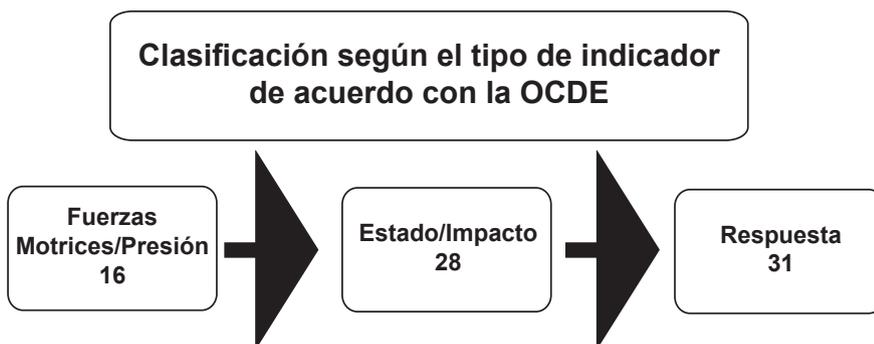
Desde el punto de vista gráfico, se han establecido dos mecanismos de clasificación visual de los indicadores propuestos. El primero de ellos emplea diferentes tipos de figuras (*i.e.* doble margen, resaltado y sombreado), para visualizar los indicadores de acuerdo con la clasificación de sus servicios ambientales.

El segundo tipo emplea diferentes niveles de sombra para diferenciar los diferentes elementos del desempeño ambiental.

La figura 5 es una guía que deberá seguirse cuidadosamente en la interpretación de los diagramas de los indicadores individuales.



**Figura 3.** Clasificación de los indicadores propuestos de acuerdo con los servicios ambientales que brindan los procesos que se miden o describen.



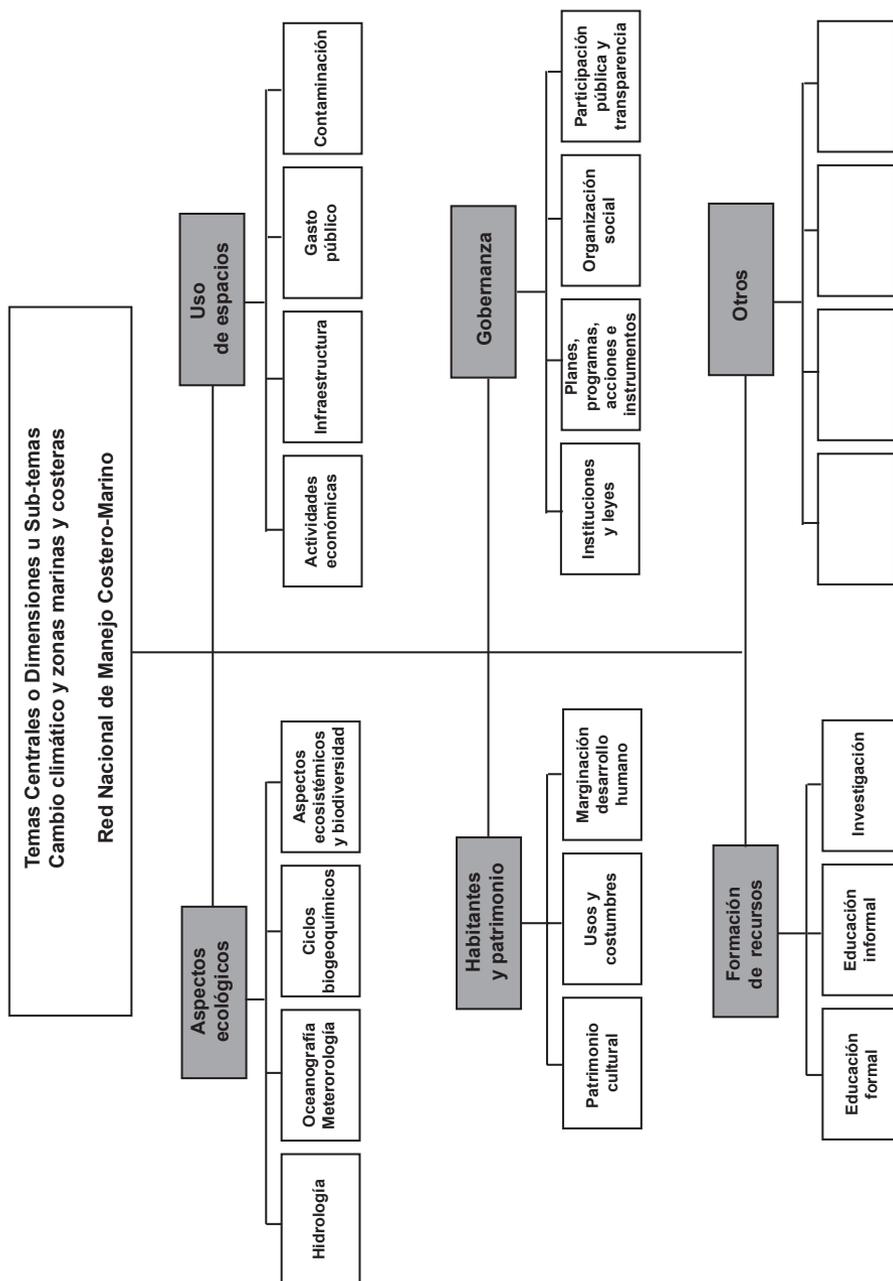
**Figura 4.** Clasificación de los indicadores propuestos de acuerdo con el marco de referencia establecido por la OCDE.



**Figura 5.** Esquemas gráficos/visuales de clasificación de indicadores.

## **ESTRUCTURA GLOBAL DE LA PROPUESTA DE INDICADORES PARA LA GESTIÓN MARINA Y COSTERA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO DE LA RED**

Las figuras 6 a la 11 presentan de manera detallada los indicadores correspondientes a cada sub-tema y su clasificación correspondiente.



**Figura 6.** Diagrama general de los temas (dimensiones) y subtemas propuestos para la creación de indicadores de la Red. (Nota: en este nivel No aplica la clasificación propuesta en la figura 5).

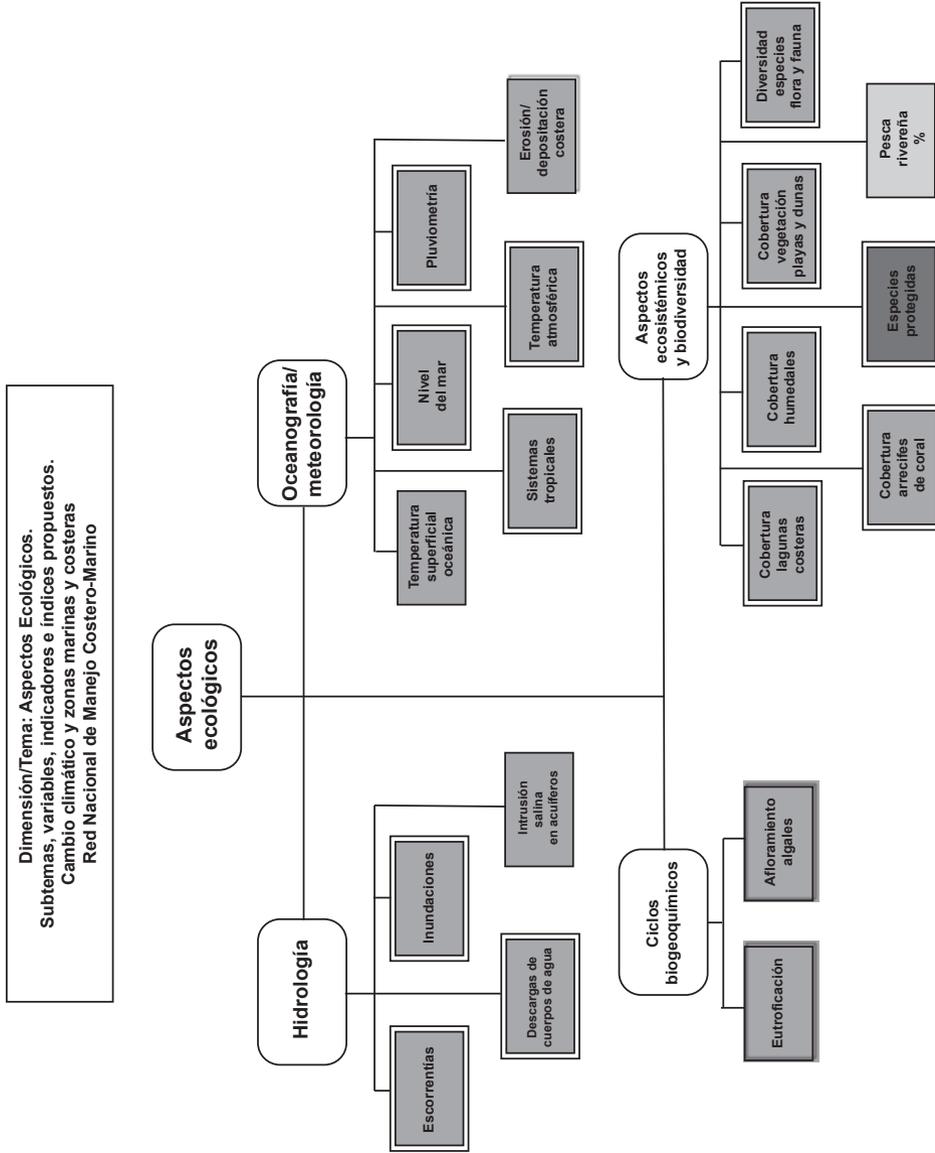


Figura 7. Indicadores propuestos para la dimensión “Aspectos Ecológicos” y sus correspondientes clasificaciones.

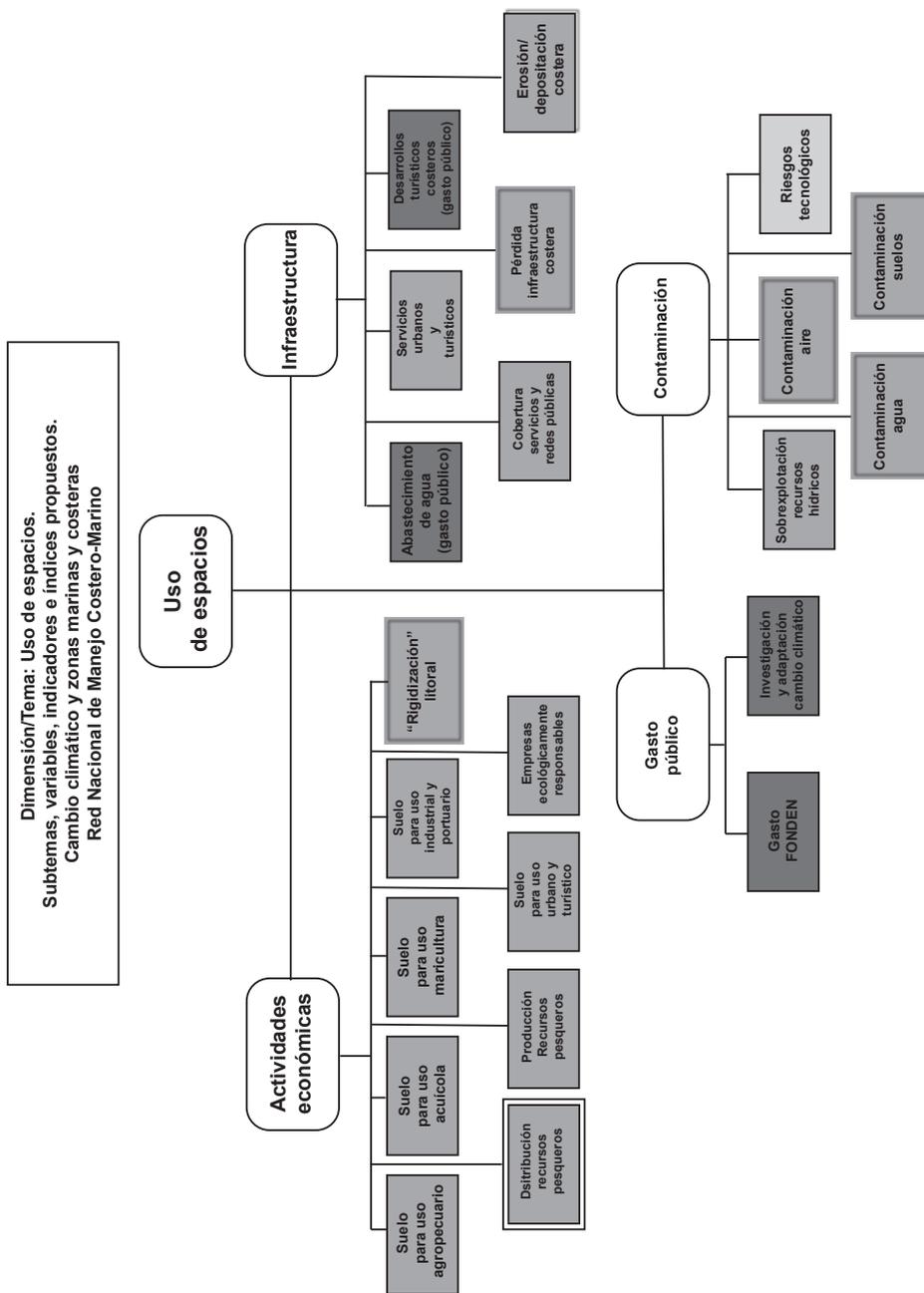


Figura 8. Indicadores propuestos para la dimensión “Uso de Espacios” y sus correspondientes clasificaciones.

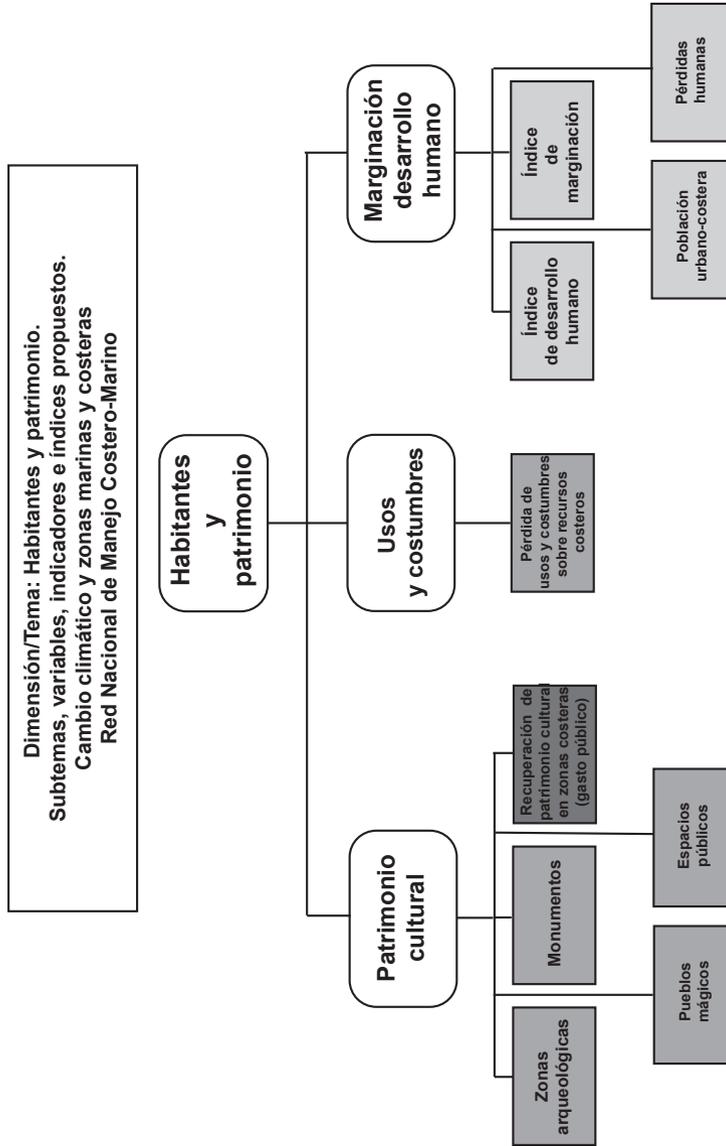
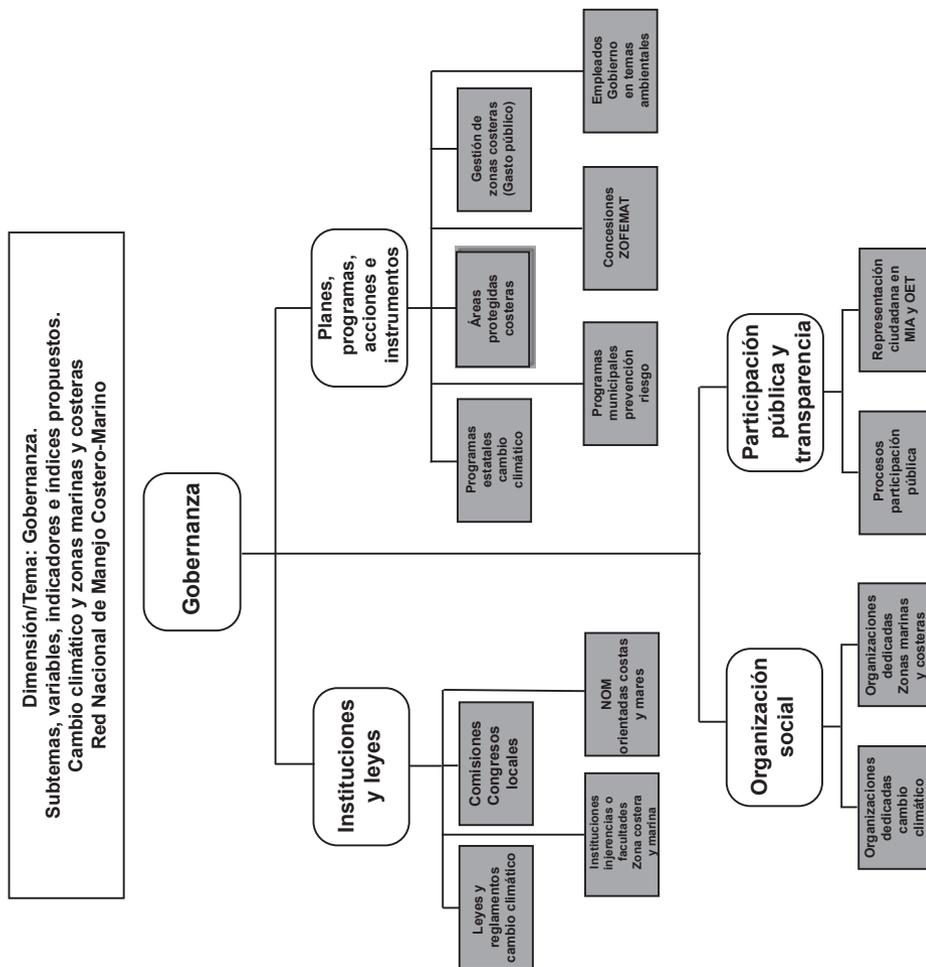
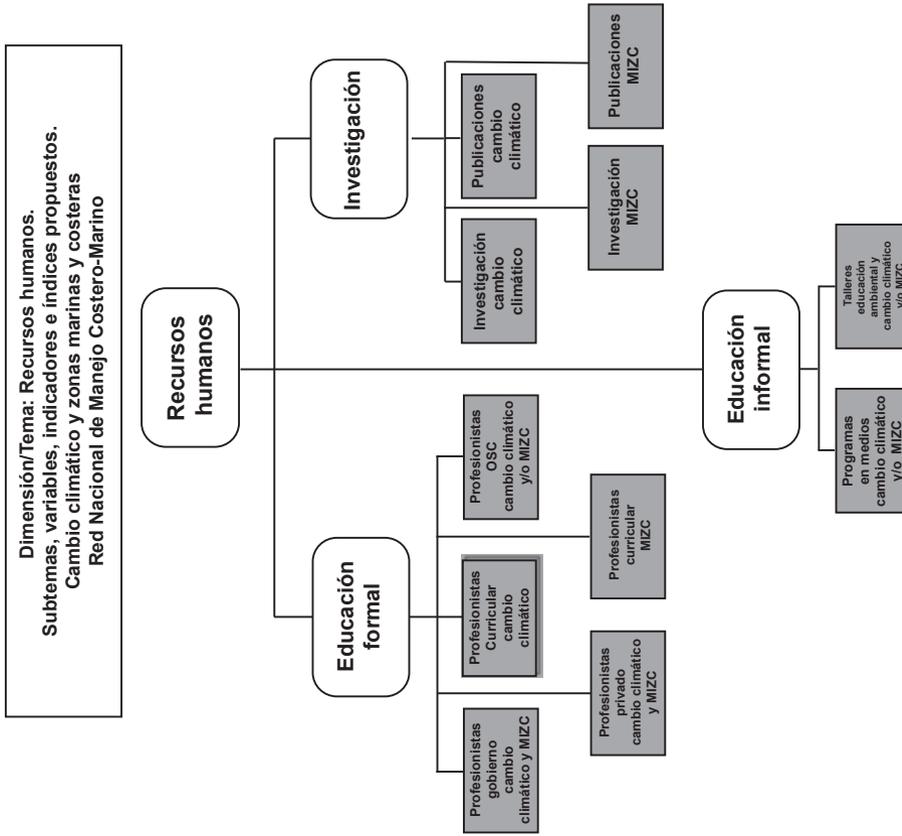


Figura 9. Indicadores propuestos para la dimensión “Habitantes y Patrimonio” y sus correspondientes clasificaciones.



**Figura 10.** Indicadores propuestos para la dimensión “Gobernanza” y sus correspondientes clasificaciones.



**Figura 11.** Indicadores propuestos para la dimensión “Formación de Recursos Humanos” y sus correspondientes clasificaciones.

## DESCRIPCIÓN DE INDICADORES DE ACUERDO CON SU CLASIFICACIÓN DE DESEMPEÑO

### INDICADORES DE DESARROLLO SUSTENTABLE (ASPECTOS ECOLÓGICOS)

Se proponen nueve indicadores de los cuales uno es referente a la calidad del acuífero y otro a la cantidad de sedimentos en la costa; el resto son de corte ecológico y toman aspectos de biodiversidad y temas ecosistémicos, que pueden entremezclarse porque están incluidos o separarse porque hay bases de datos disponibles como son las de Conabio y los inventarios forestales de INEGI. Los indicadores de erosión y calidad de agua están disponibles para aquellos sitios donde hay problemas en las comunidades locales. Algunos ecosistemas, especialmente algunas lagunas costeras y humedales han sido profusamente estudiados en sitios específicos. Para análisis de indicadores con escalas temporales, también están disponibles estudios a nivel nacional de manglares y humedales y está en proceso uno de dunas costeras. Los indicadores de pesca se actualizan en las cartas pesqueras. Por otro lado hay bases de datos regionales de estudios marinos que permitirían hacer comparaciones temporales y espaciales para medir el desarrollo sustentable de los mares y costas mexicanos (tabla 3).

### INDICADORES DE DESARROLLO SUSTENTABLE (USO DE ESPACIOS)

Se identificaron veinte indicadores disponibles a nivel nacional, regional o puntual que pueden medir el impacto del uso actual en las costas y mares. Ocho indicadores tienen que ver con actividades económicas prevalecientes en la costa como es la construcción de infraestructura, el aumento o disminución de usos costeros como son agrícola y pecuario, acuícola y de maricultura, urbano, portuario y de turismo. Asimismo, se proponen cinco indicadores económicos que pueden obtenerse de las cuentas públicas e inversiones locales, regionales o nacionales en el desarrollo costero mexicano las cuales también podrían ser comparativas en escalas temporales. También de corte económico pero denominadas como gasto público se sugieren dos indicadores que pueden medir el grado de sustentabilidad de una región costera donde se espera menos gasto en atención a desastres y la ejecución de programas preventivos y de adaptación. Finalmente, se sugieren cinco indicadores relacionadas a la calidad de agua, suelo y aire y los riesgos a los que está sujeta la población por accidentes que pudieran sufrir infraestructuras como nucleoelectricas, gasoductos, termoeléctricas, etc. (tabla 4).

**Tabla 3.** Indicadores de desarrollo sustentable (aspectos ecológicos).

Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación DPSR)	Código	Descripción del indicador	Medición (variables, fórmulas, unidades, etc.)
Intrusión salina de acuíferos.	EH4	Aumento del nivel de salinización de los acuíferos respecto a algún nivel de referencia.	Salinidad (ups).
Erosión/Acreción costera.	EOM6	Cambios en la línea de costa asociados al transporte de sedimentos.	Erosión/acreción (m <sup>3</sup> /año) y/o posición línea de costa (m).
Cobertura de lagunas costeras..	EAB1	Cambios en la cobertura superficial del espejo de agua de las lagunas costeras.	Cambios superficiales (km <sup>2</sup> / 5 años).
Cobertura de humedales.	EAB2	Cambios en la cobertura de los tipos de vegetación de las zonas inundables costeras.	Superficie de vegetación (m <sup>3</sup> /año).
Cobertura de vegetación de playas y dunas.	EAB3	Cambios en la cobertura de los tipos de vegetación de las zonas no inundables costeras.	Superficie de vegetación (m <sup>3</sup> /año).
Cobertura de arrecifes de coral.	EAB4	Cambios en la cobertura de los arrecifes coralinos.	Superficie de arrecifes de coral (km <sup>2</sup> /año).
Cambio en la diversidad de especies de flora y fauna nativas.	EAB5	% de especies de flora nativa respecto al total y % de especies de fauna nativa respecto al total.	Porcentajes y cambios porcentuales (% / 5 años).
Especies con estatus de protección.	EAB6	Cambio en el número de especies bajo algún estatus de protección.	% de especies protegidas respecto al total (%/año).
Porcentaje de pesca ribereña.	EAB7	% de la flota pesquera ribereña respecto al total de embarcaciones pesqueras.	% de flota pesquera ribereña respecto al total de embarcaciones (%/5 años).

## INDICADORES DE DESARROLLO SUSTENTABLE (HABITANTES Y PATRIMONIO)

Para este tema se sugieren diez indicadores con datos disponibles en las bases del INAH, de los municipios, de la Conapo y el INEGI. La mitad de los indicadores hacen referencia al patrimonio cultural ancestral y moderno de México. Uno de los indicadores implica la escala temporal y se refiere a usos y costumbres. Los demás indicadores sugeridos se obtienen de los censos y de los datos municipales cuando hay desastres costeros. Dentro de estos cuatro indicadores algunos permiten comparaciones a nivel mundial (tabla 5).

Tabla 4. Indicadores de desarrollo sustentable (uso de espacios).

Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación DPSR)	Código	Descripción del indicador	Medición (variables, fórmulas, unidades, etc.)
“Rigidización” del litoral.	U31	Porcentaje de línea de costa transformada.	Línea de costa total del municipio entre línea de costa transformada (cada 10 años).
Cambio de suelo: uso agropecuario.	UE2	Cobertura de uso de suelo agropecuario sobre cobertura natural.	Superficie de uso agropecuario, superficie de vegetación natural, superficie municipal (cada 10 años).
Cambio de suelo: uso acuícola.	UE3	Cobertura de uso acuícola sobre cobertura natural.	Superficie de uso acuícola, superficie de uso natural, superficie municipal (cada 10 años).
Cambio de suelo: uso maricultura.	UE4	Cobertura de área concesionada para maricultura .	Superficies concesionadas (Ha) (cada 5 años).
Cambio de suelo: uso industrial y portuariusom	UE5	Cobertura de uso suelo industrial y portuario sobre cobertura natural.	Superficie de uso suelo industrial y portuario, sobre uso natural y superficie municipal (cada 10 años).
Cambios en la producción pesqueram	UE7	Cambio en esfuerzo pesquero por área de pesca.	Toneladas por unidad de esfuerzo (anual).
Cambio de suelo: uso urbano y turístico.	UE8	Cobertura de uso suelo urbano y turístico sobre cobertura natural.	Superficie uso suelo urbano y turístico sobre uso natural y superficie municipal (anual).
Empresas ecológicamente responsables.	UE9	% de empresas "ambientalmente responsables".	% de empresas ambientalmente responsables (anual).
Gasto público para infraestructura de abastecimiento agua potable.	UI1	% gasto publico en infraestructura para el abasto de agua (plantas de tratamiento, desaladoras, etc).	No de instalaciones por tipo y capacidad por municipio (anual).
Cobertura de servicios y redes públicas.	UI2	Cobertura de servicios sanitarios y redes públicas para el tratamiento de aguas y residuos.	% de cobertura por tipo de servicios por municipio (5 a 10 años).
Infraestructura servicios urbanos y turísticos.	UI3	Diversidad de instalaciones (marinas, parques, etc).	No de instalaciones por tipo y capacidad por municipio (5 a 10 años).
Pérdidas/Daño infraestructura costera de protección y abrigo.	UI4	Pérdidas de infraestructura por evento meteorológico.	Millones de pesos por pérdidas de Infraestructura / evento meteorológico (3 a 6 años).

**Tabla 4 (continuación).** Indicadores de desarrollo sustentable (uso de espacios).

Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación DPSR)	Código	Descripción del indicador	Medición (variables, fórmulas, unidades, etc.)
Gasto público para desarrollos turísticos costeros.	UI5	% Gasto público destinado < al desarrollo turístico costero.	% de inversión para desarrollo turístico en la costa /gasto público total para desarrollo (3 a 6 años).
Gasto del FONDEN.	GP1	Incremento en el gasto FONDEN por municipio.	Millones de pesos por evento (anual).
Gasto en investigación y acciones ante cambio climático.	GP2	% del gasto público a acciones de cambio climático.	Millones de pesos por acción, presupuesto de gasto público (anual).
Sobreexplotación recurso hídrico.	UC1	Cambios en la relación porcentual entre la disponibilidad natural de agua y la extracción total.	Disponibilidad natural anual (m <sup>3</sup> ) y extracción total anual (m <sup>3</sup> ).
Contaminación del agua.	UC2	Número de veces que sobrepasa la norma oficial Mexicana por tipo de contaminantes.	Incremento en los niveles de Nitratos, Fosfatos, metales pesados, coliformes, enterococos y residuos sólidos -unidad de medida según el contaminante (trimestral).
Contaminación del aire.	UC3	Número de veces que sobrepasa la Norma Oficial Mexicana por tipo de contaminantes	Incremento en los niveles de contaminantes (trimestral).
Contaminación de suelos.	UC4	Número de veces que sobrepasa la Norma Oficial Mexicana por tipo de contaminantes.	Incremento en los niveles de nitratos, fosfatos, metales pesados, sales y residuos sólidos -unidad de medida según el contaminante (anual).
Riesgos tecnológicos.	UC5	Numero de sitios con desarrollos tecnológicos que produzcan riesgos elevados (e.g. regasificadoras, instalaciones petroleras, puertos con manejo de sustancias peligrosas, etc.)	Número y tipo de infraestructura con riesgos tecnológicos altos (anual).

## INDICADORES DE DESARROLLO SUSTENTABLE (GOBERNANZA)

De todos los indicadores de gobernanza siete se sugieren para medir el desarrollo sustentable de los mares y costas mexicanas. Tres son referentes a instituciones y leyes y cuatro son planes y programas. Estos indicadores se pueden obtener de las bases de datos federales, de los 17 estados costeros y si no de todos, de la mayoría de los municipios costeros. Indicadores que pudieran haber existido para evaluar el esfuerzo de la administración pública en el desarrollo sustentable de las costas mexicanas ha sido substituido por programas de cambio climático (tabla 6).

**Tabla 5.** Indicadores de desarrollo sustentable (habitantes y patrimonio).

Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación DPSR)	Código	Descripción del indicador	Medición (variables, fórmulas, unidades, etc.)
Zonas arqueológicas.	HPC1	Perdidas de sitios o daños por evento meteorológico extremo.	Número de sitios o % de daño por eventos meteorológicos extremos por municipios (5-10 años).
Pueblos mágicos.	HPC2	Perdidas de sitios o daños por evento meteorológico extremo.	Número de sitios o % de daño por eventos meteorológicos extremos por municipios (5-10 años).
Monumentos.	HPC3	Perdidas de sitios o daños por evento meteorológico extremo.	Número de sitios o % de daño por eventos meteorológicos extremos por municipios (5-10 años).
Espacios públicos.	HPC4	Perdidas de sitios o daños por evento meteorológico extremo.	Número de sitios o % de daño por eventos meteorológicos extremos por municipios (5-10 años).
Gasto publico destinado a la recuperación de Patrimonio cultural en zonas costeras.	HPC5	% de gasto publico destinado a recuperación de patrimonios culturales.	Gasto público total, gasto en recuperación de patrimonios culturales (3 a 6 años).
Pérdida de usos y costumbres de recursos costeros.	HUC1	Pérdidas de usos y costumbres	Numero de recursos costeros tradicional, numero de recursos costeros (anual).
Indice de Desarrollo Humano.	HMDH1	IDH municipal de PNUD	Calculado a nivel municipal (3 a 6 años).
Indice de Marginación.	HMDH2	IM municipal de Conapo	Calculado a nivel municipal (3 a 6 años).
Poblacion urbana-costera.	HMDH3	% de la población del municipio costero que vive en zona urbana.	% Pob costera/Pob total municipio (5 años).
Pérdidas humanas.	HMDH4	Pérdida de vidas humanas por evento meteorológico.	No. Personas/evento (anual).

## INDICADORES DE DESARROLLO SUSTENTABLE (FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS)

Sólo un indicador se sugiere para medir la formación de recursos humanos para el desarrollo sustentable y está dentro de la educación informal, se asume que la formación en cambio climático o en manejo integrado de zona costera contribuye al desarrollo sustentable de la comunidad dónde se impartan (tabla 7).

**Tabla 6.** Indicadores de desarrollo sustentable (gobernanza).

<b>Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación DPSR)</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción del indicador</b>	<b>Medición (variables, fórmulas, unidades, etc.)</b>
Leyes y reglamentos asociados con cambio climático.	GIL1	Proporción de leyes estatales y/o reglamentos municipales que contemplen los posibles efectos del cambio climático.	Número de leyes estatales y/o reglamentos municipales que contemplen los posibles efectos del cambio climático sobre el total existentes (3 a 6 años).
Instituciones gubernamentales que tengan injerencia o facultades sobre zonas costeras y marinas.	GIL2	Proporción de Instituciones que tengan injerencia o facultades sobre algunos aspectos que puedan incidir en las zonas marinas y costeras.	Número de instituciones con injerencia o facultades en zonas costeras y marinas sobre el total de instituciones (3 a 6 años).
Comisiones específicas en los congresos locales.	GIL3	Proporción de Comisiones específicas en los congresos locales.	Número de comisiones municipales sobre el total (3 a 6 años).
Programas municipales de prevención de riesgo.	GPPAI1	% de acciones instrumentadas en los Programas Municipales de Prevención de Riesgo.	Programa concluido y número de acciones propuestas, número de acciones instrumentadas (3 años).
Superficie de áreas protegida costeras.	GPPAI2	% Superficie ANP costera/ superficie municipio costero.	Superficie ANP costera, Superficie del municipio costero (5 años).
Gasto público destinado a la gestión de zonas costeras.	GPPAI5	% Gasto público destinado a la gestión de zonas costeras.	Gasto público total, gasto destinado a gestión de zonas costeras (ordenamientos, ANP) (3 a 6 años).
Número de empleados gubernamentales ligados a temas ambientales.	GPPA6	% Empleados gubernamentales en temas ambientales.	Total de empleados gubernamentales, número de empleados en temas ambientales (3 a 6 años).

**Tabla 7.** Indicadores de desarrollo sustentable (formación de recursos humanos).

<b>Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación DPSR)</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción del indicador</b>	<b>Medición (variables, fórmulas, unidades, etc.)</b>
Talleres de educación ambiental con temática de cambio climático y/o MIZC.	FREI2	% de talleres de educación ambiental con temática de cambio climático y/o MIZC sobre el total de talleres.	Número de talleres y temática (anual).

## INDICADOR DE GESTIÓN MARINA Y COSTERA (ASPECTOS ECOLÓGICOS)

Los indicadores de corte ecológico que se sugieren son cuatro referentes a la hidrología y se refieren a la relación en cantidad y calidad entre cuerpos de agua dulce como ríos y arroyos y el agua marina. Estos se utilizan en impacto ambiental y están disponibles para sitios puntuales y los de mayor importancia del país, se sugieren indicadores cuantitativos pero pudieran ser cualitativos al mencionarse su presencia o ausencia nada más. Seis indicadores son de temas oceanológicos y meteorológicos que están disponibles a una escala gruesa para todos los mares de México y de las lagunas costeras más importantes del país. Dos indicadores son de índole biogeoquímico y para ellos hay programas de seguimiento de mareas rojas como de eutrofización en varias bahías y lagunas costeras. La Conabio y los inventarios forestales, así como la Carta Nacional de Acuicultura y Pesca tienen disponibles los ocho indicadores de biodiversidad a escala nacional, en escalas finas hay trabajos de lagunas, manglares y dunas, así como de especies carismáticas y clave para el funcionamiento de los ecosistemas costeros (tabla 8).

**Tabla 8.** Indicadores de gestión marina y costera (aspectos ecológicos).

Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación DPSR)	Código	Descripción del indicador	Medición (variables, fórmulas, unidades, etc.)
Escorrentías.	EH1	Cambios en Escorrentías de ríos, arroyos.	Caudal Medio $Q_m$ ( $m^3/s$ ), Caudal de Avenida Q80 ( $m^3/s$ ) y Caudal de Estiaje Q20 ( $m^3/s$ ).
Desecación de cuerpos de agua.	EH2	Disminución de la superficie de cuerpos de agua .	Superficie de cuerpos de agua anual.
Inundaciones.	EH3	Aumento de la frecuencia, duración y extensión de las inundaciones.	veces/año, días, $km^2$ .
Intrusión salina de acuíferos.	EH4	Aumento del Nivel de salinización de los acuíferos.	Salinidad (ups).
Temperatura oceánica (Sup.).	EOM1	Anomalías de temperatura oceánica superficial.	Diferencias respecto a algún promedio de temperatura superficial (grados).
Sistemas tropicales.	EOM2	Cambios en número e intensidad.	Número, intensidad .
Nivel del mar.	EOM3	Cambios en el nivel del mar.	Nivel del mar (m).
Temperatura atmosférica.	EOM4	Anomalías en temperatura atmosférica.	Temperatura ( $^{\circ}C$ ).
Pluviometría.	EOM5	Anomalías en las precipitación.	Precipitación (mm).
Erosión/Depositación costera.	EOM6	Cambios en la línea de costa.	Erosión/Depositación ( $m^3/año$ ).
Eutrofización.	ECBGQ2	Niveles de eutrofización de las aguas marinas y costeras.	Concentración total de nitrógeno (mg/l), ortofosfatos (mg/l) y oxígeno disuelto (mg/l).

**Tabla 8 (continuación).** Indicadores de gestión marina y costera (aspectos ecológicos).

Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación DPSR)	Código	Descripción del indicador	Medición (variables, fórmulas, unidades, etc.)
Afloramientos algales.	ECBGQ3	Aumento de frecuencia de afloramientos.	Frecuencia, duración, ubicación y extensión de los afloramientos algales por año.
Cobertura de lagunas costeras.	EABE1	Cambio en la Cobertura de las lagunas costeras.	Superficie de lagunas (km <sup>2</sup> ).
Cobertura de manglar, pastos marinos, marismas, etc.	EABE2	Cambios en la Cobertura de las tipos de vegetación de zonas costeras inundables.	Superficie de vegetación anual.
Cobertura de Vegetación de playas y dunas costeras.	EABE3	Cambios en la cobertura de las tipos de vegetación de zonas costeras no inundables.	Superficie de vegetación anual.
Cobertura de arrecifes de coral.	EABE4	Cambio en la cobertura de arrecifes de coral.	Superficie de arrecifes de coral.
Diversidad de especies de flora y fauna nativas.	EABE5	Cambio en la diversidad de las especies de flora y fauna nativas.	Porcentaje de especies flora nativas, total de especies.
Especies con estatus de protección.	EABE7	Cambio en el numero de especies bajo algún estatus de protección.	Porcentaje del total de especies.
Porcentaje de pesca ribereña.	EABE7	Porcentaje de flotilla pesquera en zonas ribereñas.	total de embarcaciones pesqueras, numero de embarcaciones de pesca ribereña.

## INDICADORES DE GESTIÓN MARINA Y COSTERA (USO DE ESPACIOS)

Algunos de estos 20 indicadores se miden en estudios de desarrollo regional, impacto ambiental y ordenamiento ecológico marino y costero. Los análisis de cambio de uso de suelo se pueden obtener con los inventarios forestales y pesqueros. De los nueve indicadores, ocho integran la escala temporal en el uso del territorio costero y uno sólo la presencia de empresas certificadas ambientalmente. Se proponen cinco indicadores para medir la gestión de infraestructura en la zona costera y está disponible a nivel municipal y de localidades, así como en las bases de datos del INEGI por lo que es posible tenerla a nivel nacional. El indicador de pérdidas es puntual y posterior a un desastre, algunos datos pueden encontrarse en las bases de FONDEN además de las municipales. Dos de los indicadores de tipo económico se pueden obtener de los censos económicos del INEGI por lo que están disponibles a nivel nacional y el de gasto en investigación y programas para atender el cambio climático son nuevos, pueden ser anuales y se tendrán en el largo plazo. Los cuatro indicadores de contaminación no se tienen a nivel nacional, están disponibles para cuerpos de agua importantes del país y hay bases de datos de la Semarnat disponibles para estudios de corte nacional (tabla 9).

Tabla 9 . Indicadores de gestión marina y costera (uso de espacios).

Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación DPSR)	Código	Descripción del indicador	Medición (variables, fórmulas, unidades, etc.)
Litoral y "rigidización".	UE1	Porcentaje de línea de costa transformada (longitud de puertos, malecones, etc.).	Línea de costa total del municipio, línea de costa artificial.
Cambio de suelo para uso agropecuario.	UE2	Cobertura de uso agropecuario sobre cobertura natural.	Superficie km <sup>2</sup> de uso agropecuario, superficie de vegetación natural km <sup>2</sup> , superficie municipal.
Cambio de suelo para uso acuícola.	UE3	Cobertura de uso acuícola sobre cobertura natural.	Superficie km <sup>2</sup> de uso acuícola superficie de uso natural km <sup>2</sup> , superficie municipal.
Cambio de suelo para uso de maricultura.	UE4	Cobertura de área concesionada para maricultura.	Superficie (Ha) concesionada.
Cambio de suelo industrial y portuario.	UE5	Cobertura de uso suelo industrial y portuario sobre cobertura natural.	Superficie km <sup>2</sup> de uso suelo industrial y portuario sobre uso natural km <sup>2</sup> , superficie municipal.
Cambio en la Distribución del recurso pesquero.	UE6	Cambios en la cobertura de área de pesca por especie.	% de la unidad evaluada.
Cambio en producción del recurso pesquero.	UE7	Cambio en esfuerzo pesquero por área de pesca.	toneladas por unidad de esfuerzo.
Cambio de uso de suelo urbano y turístico.	UE8	Cobertura de uso suelo urbano y turístico sobre cobertura natural.	Superficie km <sup>2</sup> de uso suelo urbano y turístico sobre uso natural km <sup>2</sup> , superficie municipal.
Empresas ecológicamente responsables.	UE8	Porcentaje de empresas "ambientalmente responsables".	Superficie km <sup>2</sup> de uso suelo urbano y turístico sobre uso natural km <sup>2</sup> , superficie municipal.
Gasto público en Infraestructura para abastecimiento de agua.	UI1	Porcentaje de gasto público en infraestructura para el abasto de agua (plantas de tratamiento, desaladoras, etc.).	Número de instalaciones por tipo y capacidad por municipio.
Cobertura de servicios y redes públicas.	UI2	Cobertura de servicios sanitarios y redes públicas para el tratamiento de aguas y residuos.	% de cobertura por tipo de servicios por municipio.
Infraestructura para servicios urbanas y turísticas.	UI3	Diversidad de instalaciones (marinas, parques, etc.).	Número de instalaciones por tipo y capacidad por municipio.
Perdidas infraestructura costera.	UI4	Pérdidas de infraestructura por evento meteorológico.	Millones de pesos por pérdidas de Infraestructura /evento meteorológico.

**Tabla 9 (continuación)** . Indicadores de gestión marina y costera (uso de espacios).

<b>Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación DPSR)</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción del indicador</b>	<b>Medición (variables, fórmulas, unidades, etc.)</b>
Gasto público para desarrollo turístico costeros.	UI4	% Gasto público destinado al desarrollo turístico costero.	Porcentaje de inversión para desarrollo turístico en la costa / gasto público total para desarrollo.
Gasto del FONDEN.	GP1	Incremento en el gasto FONDEN por municipio.	Millones de pesos por evento.
Gasto investigación y Procesos de adaptaciones al cambio climático.	GP2	% del gasto público a acciones de cambio climático.	Millones de pesos por acción, presupuesto de gasto público.
Sobreexplotación del recurso hídrico.	UC1	Cambios en la relación porcentual entre la disponibilidad natural de agua y la extracción total.	Disponibilidad Natural Anual (m <sup>3</sup> ) y Extracción Total Anual (m <sup>3</sup> ).
Contaminación de agua.	UC2	Número de veces que sobrepasa la norma oficial mexicana por tipo de contaminantes.	Incremento en los niveles de nitratos, fosfatos, metales pesados, coliformes, enterococos y residuos sólidos -unidad de medida según el contaminante.
Contaminación de suelos.	UC4	Número de veces que sobrepasa la norma oficial mexicana por tipo de contaminantes.	Incremento en los niveles de Nitratos, Fosfatos, metales pesados, sales y residuos sólidos -unidad de medida según el contaminante.
Riesgos tecnológicos.	UC4	Número de sitios con riesgos tecnológicos elevados.	Número y tipo de infraestructura con riesgos tecnológicos altos (planta nuclear, gasoductos, gaseras, etc.).

## **INDICADORES DE GESTIÓN MARINA Y COSTERA (HABITANTES Y PATRIMONIO)**

Se han sugerido diez indicadores para medir cuestiones de tipo cultural y aunque México no es un país especialmente rico en culturas costeras, si hay restos arqueológico, pueblos y tradiciones costeras y marinas que se sugieren como indicadores disponibles en las bases de datos nacionales del INAH y del INEGI. Los cuatro indicadores referentes a calidad de vida están disponibles a nivel de localidades costeras en las bases de datos de INEGI y Conapo y se actualizan cada 5 y 10 años. El último indicador de pérdidas humanas propuesto es un dato disponible en las estadísticas municipales y del FONDEN (tabla 10).

**Tabla 10 .** Indicadores de gestión marina y costera (habitantes y patrimonio).

Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación DPSR)	Código	Descripción del indicador	Medición (variables, fórmulas, unidades, etc.)
Zonas arqueológicas.	HPC1	Pérdidas de sitios por evento meteorológico extremo.	Número de sitios por municipio, número de eventos meteorológicos extremos.
Pueblos mágicos <sup>m</sup>	HPC2	Pérdidas de sitios por evento meteorológico extremo.	Número de sitios por municipio, número de eventos meteorológicos extremos.
Monumentos <sup>m</sup>	HPC3	Pérdidas de sitios por evento meteorológico extremo.	Número de sitios por municipio, número de eventos meteorológicos extremos.
Espacios públicos <sup>m</sup>	HPC4	Pérdidas de sitios por evento meteorológico extremo.	Número de sitios por municipio, número de eventos meteorológicos extremos.
Gasto público destinado a recuperación de patrimonio cultural en zonas costeras <sup>m</sup>	HPC4	Porcentaje de gasto público destinado a recuperación de patrimonios culturales.	Gasto público total, gasto en recuperación de patrimonios culturales.
Pérdida de usos y costumbres de recursos costeros <sup>m</sup>	HUC1	Pérdidas de usos y costumbres.	Número de recursos costeros tradicional, número de recursos costeros.
Índice de Desarrollo Humanom	HMDH1	IDH municipal de PNUD.	Calculado a nivel municipal.
Índice de Marginación <sup>m</sup>	HMDH2	IM municipal de Conapo.	Calculado a nivel municipal.
Población urbana-costera.	HMDH3	Porcentaje de la población del municipio costero que vive en zona urbana.	Porcentaje de población/población total municipal.
Pérdidas humanas.	HMDH4	Pérdida de vidas humanas por evento meteorológico.	Número personas/evento.

## INDICADORES DE GESTIÓN MARINA Y COSTERA (GOBERNANZA)

Son once los indicadores referentes a la gobernanza que interesan para la gestión de la zona costera y marina. Cuatro se refieren a leyes y básicamente son de índole nacional, es muy probable que en los próximos años más municipios costeros vayan a contar legislación particular, especialmente aquellos que han sufrido desastres por eventos meteorológicos y que quieran evitar más pérdidas. Asimismo los seis indicadores de planes y programas y el de organización ciudadana están disponibles a nivel municipal, especialmente en los municipios con mayor población, con infraestructura portuaria y turística (tabla 11).

**Tabla 11 .** Indicadores de gestión marina y costera (gobernanza).

<b>Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación DPSR)</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción del indicador</b>	<b>Medición (variables, fórmulas, unidades, etc.)</b>
Leyes y reglamentos asociados con cambio climático.	GIL1	Proporción de leyes estatales y/o reglamentos municipales que contemplen los posibles efectos del cambio climático.	Número de leyes estatales y/o reglamentos municipales que contemplen los posibles efectos del cambio climático sobre el total existentes.
Instituciones gubernamentales que tengan injerencia o facultades sobre zonas costeras y marinas.	GIL2	Proporción de Instituciones que tengan injerencia o facultades sobre algunos aspectos que puedan incidir en las zonas marinas y costeras.	Número de instituciones con injerencia o facultades en zonas costeras y marinas sobre el total de instituciones.
Comisiones específicas en los congresos locales.	GIL3	Proporción de comisiones específicas en los congresos locales.	Número de comisiones municipales sobre el total.
NOM orientados a reglamentar actividades que impactan al ambiente costero-marino.	GIL4	Proporción de las NOM orientados a reglamentar actividades que impactan al ambiente costero-marino del total existentes.	Número de NOM.
Programa Estatal de Cambio Climático.	GPPAI1	Porcentaje de acciones instrumentadas del Programa Estatal de Cambio Climático.	Programa concluido y numero de acciones propuestas, número de acciones instrumentadas.
Programas municipales de prevención de riesgo.	GPPAI2	Porcentaje de acciones instrumentadas en los programas municipales de prevención de riesgo.	Programa concluido y número de acciones propuestas, número de acciones instrumentadas.
Superficie áreas protegida costeras.	GPPAI3	Porcentaje de superficie ANP costera/superficie municipio costero.	Superficie ANP costera, superficie del municipio costero.
Concesiones de ZOFEMAT.	GPPAI4	Porcentaje de ZOFEMAT concesionada por tipo de actividad.	Superficie de ZOFEMAT por municipio, superficie y tipo de concesión.
Gasto público destinado a la gestión de zonas costeras.	GPPAI4	Porcentaje del gasto público destinado a la gestión d zonas costeras.	Gasto público total, gasto destinado a gestión de zonas costeras (ordenamientos, ANP).
Número de empleados gubernamentales ligados a temas ambientales.	GPPAI4	Porcentaje de empleados gubernamentales en temas ambientales.	Total de empleados gubernamentales, número de empleados en temas ambientales.
Organizaciones dedicadas a zonas costeras y marinas.	GOS2	% organizaciones que manejen temáticas asociadas a zonas costeras y marinas/ total de organizaciones.	Número de organizaciones dedicadas a zonas costeras y marinas por municipio.

## INDICADORES DE GESTIÓN MARINA Y COSTERA (FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS)

De los siete indicadores propuestos cuatro son de educación formal, uno de educación informal y dos de investigación. Estos indicadores requieren de investigaciones puntuales de las bases de datos del CONACYT para calcularlos a nivel nacional y de las universidades y centros de investigación para cálculos regionales, o locales (tabla 12).

**Tabla 12 .** Indicadores de gestión marina y costera (formación de recursos humanos).

Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación DPSR)	Código	Descripción del indicador.	Medición (variables, fórmulas, unidades, etc.)
Profesionistas que de manera curricular aborden el tema del MIZC.	FREF2	Porcentaje de profesionistas que de manera curricular aborden el tema del manejo costero.	Porcentaje de profesionistas egresados que de manera curricular aborden el tema del manejo costero.
Profesionistas que trabajan en instituciones gubernamentales en temática de cambio climático o en MIZC.	FREF3	Porcentaje de profesionistas que trabajan por institución gubernamental sobre cambio climático o en MIZC.	Número de profesionistas, número de instancias gubernamentales.
Profesionistas que trabajan en consultorías y empresas en temática de cambio climático o en MIZC.	FREF4	Porcentaje de profesionistas que trabajan por consultorías y empresas sobre cambio climático o en MIZC.	Número de profesionistas, número de consultorías y empresas sobre los temas.
Profesionistas que trabajan en SCO en temática de cambio climático o en MIZC.	FREF5	Porcentaje de profesionistas que trabajan para SCO sobre cambio climático o en MIZC.	Número de profesionistas, número de SCO sobre los temas.
Programas en medios con temática de cambio climático y MIZC.	FREI1	Número de programas que aborden cambio climático o MIZC en radio, televisión y prensa sobre el total de programas.	Número de programas en medio, número de programas con temática.
Investigaciones con temas de MIZC.	FRI2	Porcentaje investigaciones con temática MIZC sobre el total.	Número de investigaciones y temática.
Publicaciones con temas de MIZC.	FRI4	Porcentaje de publicaciones con temática MIZC sobre el total.	Número de publicaciones y temática.

## INDICADORES DE CAMBIO CLIMÁTICO (ASPECTOS ECOLÓGICOS)

Los indicadores de corte ecológico que se sugieren son cuatro referentes a distintos aspectos de procesos hidrológicos, tales como cantidad y calidad entre cuerpos de agua dulce como ríos y arroyos y el agua marina. Estos se utilizan en impacto ambiental y están disponibles para sitios puntuales y los de mayor importancia del país, se sugieren indicadores cuantitativos pero pudieran ser cualitativos. Seis indicadores son de temas oceanológicos y meteorológicos que están disponibles a una escala gruesa para todos los mares de México y de las lagunas costeras más importantes del país y son indicadores frecuentemente utilizados para explicar el cambio climático. La Conabio y los inventarios forestales, así como la Carta Nacional de Acuicultura y Pesca (Sagarpa) tienen disponibles los ocho indicadores de biodiversidad a escala nacional, en escalas finas hay trabajos de lagunas, manglares y dunas, así como de especies carismáticas y clave para el funcionamiento de los ecosistemas costeros (tabla 13).

**Tabla 13 .** Indicadores de cambio climático (aspectos ecológicos).

<b>Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación DPSR)</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción del indicador</b>	<b>Medición (variables, fórmulas, unidades, etc.)</b>
Escorrentías.	EH1	Cambios en escorrentías de ríos, arroyos.	Caudal Medio Qm (m <sup>3</sup> /s), Caudal de Avenida Q80(m <sup>3</sup> /s) y Caudal de Estiaje Q20(m <sup>3</sup> /s).
Desecación de cuerpos de agua.	EH2	Disminución de la superficie de cuerpos de agua.	Superficie de cuerpos de agua anual.
Inundaciones.	EH3	Aumento de la Frecuencia, duración y extensión de las inundaciones.	veces/año, días, km <sup>2</sup> .
Intrusión salina de acuíferos.	EH4	Aumento del nivel de salinización de los acuíferos.	Salinidad (ups).
Temperatura oceánica (Sup.).	EOM1	Anomalías de temperatura oceánica superficial.	Diferencias respecto a algún promedio de temperatura superficial (grados).
Sistemas tropicales.	EOM2	Cambios en número, intensidad.	Número, intensidad.
Nivel del mar.	EOM3	Cambios en el nivel del mar.	Tasa de cambio del nivel del mar (m).
Temperatura atmosférica.	EOM4	Anomalías en temperatura atmosférica.	Temperaturas máximas, mínimas, Temperatura promedio anual(°C).
Pluviometría.	EOM5	Anomalías en las precipitación.	Precipitación (mm).
Erosión/Acreción costera.	EOM6	Cambios en la línea de costa.	Erosión/ Acreción (m <sup>3</sup> /año).

**Tabla 13 (continuación)** . Indicadores de cambio climático (aspectos ecológicos)..

<b>Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación DPSR)</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción del indicador</b>	<b>Medición (variables, fórmulas, unidades, etc.)</b>
Cobertura de lagunas costeras.	EABE1	Cambio en la cobertura de las lagunas costeras.	Superficie de lagunas (km <sup>2</sup> ).
Cobertura de manglar, pastos marinos, marismas, etc.	EABE2	Cambios en la cobertura de las tipos de vegetación de zonas costeras inundables.	Superficie de vegetación anual.
Cobertura de vegetación de playas y dunas costeras.	EABE3	Cambios en la cobertura de las tipos de vegetación de zonas costeras no inundables.	Superficie de vegetación anual.
Cobertura de arrecifes de coral.	EABE4	Cambio en la cobertura de arrecifes de coral.	Superficie de arrecifes de coral.
Diversidad de especies de flora y fauna nativas.	EABE5	Cambio en la diversidad de las especies de flora nativas.	% de especies flora nativas, total de especies.
Especies con estatus de protección.	EABE7	Cambio en el número de especies bajo algún estatus de protección.	% del total de especies.

## **INDICADORES DE CAMBIO CLIMÁTICO (USO DE ESPACIOS)**

Algunos de estos seis indicadores se miden en estudios de desarrollo regional, se proponen dos indicadores para cambios en la distribución y producción de especies marinas y está disponible a nivel nacional en la Carta Nacional de Acuicultura y Pesca. El indicador de pérdidas es puntual y posterior a un desastre, algunos datos pueden encontrarse en las bases de FONDEN además de las municipales. Tres de los indicadores de tipo económico se pueden obtener de los censos económicos del INEGI por lo que están disponibles a nivel nacional y el de gasto en investigación y programas para atender el cambio climático son nuevos, pueden ser anuales y se tendrán en el largo plazo (tabla 14).

## **INDICADORES DE CAMBIO CLIMÁTICO (HABITANTES Y PATRIMONIO)**

Se han sugerido seis indicadores para medir los temas culturales, se sugieren como indicadores disponibles en las bases de datos nacionales del INAH y del INEGI. Los cuatro indicadores referentes a pérdidas de patrimonios culturales en zonas costeras por eventos meteorológicos y dos indicadores relacionados a pérdidas humanas y gasto público en invertido en la recuperación de patrimonios propuestas es un dato disponible en las estadísticas municipales y del FONDEN (tabla 15).

**Tabla 14 .** Indicadores de cambio climático (uso de espacios).

<b>Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación DPSR)</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción del indicador</b>	<b>Medición (variables, fórmulas, unidades, etc.)</b>
Cambio en la distribución del recurso pesquero.	UE6	Cambios ubicación de las zonas pesca por especie.	Distancia al puerto de arribo (km).
Cambio en producción del recurso pesquero.	UE7	Cambio en esfuerzo pesquero por área de pesca.	Tasa de Cambio en Producción (%ton/año).
Pérdida de infraestructura costera.	UI4	Pérdida de infraestructura por evento meteorológico.	Millones de pesos por pérdidas de Infraestructura /evento meteorológico.
Gasto público para desarrollo turístico costeros.	UI4	% Gasto público destinado al desarrollo turístico costero.	% de inversión para desarrollo turístico en la costa /gasto público total para desarrollo.
Gasto del FONDEN.	GP1	Incremento en el gasto FONDEN por municipio.	Millones de pesos por evento.
Gasto Investigación y procesos de adaptaciones al cambio climático.	GP2	% del gasto público a acciones de cambio climático.	% presupuesto de gasto público (millones de pesos/año).

**Tabla 15 .** Indicadores de cambio climático (habitantes y patrimonio).

<b>Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación DPSR)</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción del Indicador</b>	<b>Medición (Variables, Fórmulas, Unidades, etc.)</b>
Zonas Arqueológicas	HPC1	Perdidas de sitios por evento meteorológico extremo	Número de sitios por municipio, numero de eventos meteorológicos extremos
Pueblos Mágicos	HPC2	Pérdidas de sitios por evento meteorológico extremo	Número de sitios por municipio, numero de eventos meteorológicos extremos
Monumentos	HPC3	Pérdidas de sitios por evento meteorológico extremo	Número de sitios por municipio, numero de eventos meteorológicos extremos
Espacios Públicos	HPC4	Pérdidas de sitios por evento meteorológico extremo	Número de sitios por municipio, numero de eventos meteorológicos extremos
Gasto Público destinado a recuperación de Patrimonio cultural en zonas costeras	HPC4	% de Gasto Publico destinado a recuperación de patrimonios culturales	Gasto público total, gasto en recuperación de patrimonios culturales
Pérdidas Humanas	HMDH4	pérdida de vidas humanas por evento meteorológico	No. Personas/evento

## **INDICADORES DE CAMBIO CLIMÁTICO (GOBERNANZA)**

Son nueve los indicadores referentes a la gobernanza que interesan para cambio climático. Tres se refieren a leyes y básicamente son de índole nacional, es muy probable que en los próximos años más municipios costeros vayan a contar legislación particular, especialmente aquellos que han sufrido desastres por eventos meteorológicos. Asimismo los seis indicadores de planes y programas y el de organización ciudadanas dedicadas a temas de cambios climáticos y prevención del riesgo, disponibles a nivel municipal, especialmente en los municipios con mayor población, con infraestructura portuaria y turística (tabla 16).

## **INDICADORES DE CAMBIO CLIMÁTICO (RECURSOS HUMANOS)**

De los siete indicadores propuestos cuatro son de educación formal, uno de educación informal y dos de investigación. Estos indicadores requieren de investigaciones puntuales de las bases de datos del CONACYT para calcularlos a nivel nacional y de las universidades y centros de investigación para cálculos regionales, o locales (tabla 17).

## **CONCLUSIONES**

Se ha logrado construir una propuesta de indicadores para medir el impacto del cambio climático en las zonas costeras y marinas de México considerando la dimensión de la sustentabilidad.

La posibilidad de medir esta serie de indicadores de manera periódica y en diferentes escalas espaciales, permitirá tener una evaluación del estado que guardan las zonas costeras y marinas de México; podrá contribuir al seguimiento de estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático; pudiera disminuir el riesgo y la vulnerabilidad y ayudará a mantener informada a la población en general y especialmente en la gobernanza local (Holman, 2009).

La propuesta que aquí se ha descrito tiene un carácter general y por supuesto no es única, sin embargo se ha considerado como la línea básica de información necesaria para poder conocer el impacto real del fenómeno del cambio climático en el país.

Una vez cuantificados estos indicadores será posible elaborar índices compuestos que permitan a las autoridades, usuarios y público en general dar seguimiento al fenómeno del cambio climático y la manera que este puede impactar comunidades, municipios, estados y todo el país, de una manera sistemática y de fácil comprensión.

**Tabla 16 .** Indicadores de cambio climático (gobernanza).

Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación DPSR)	Código	Descripción del indicador	Medición (variables, fórmulas, unidades, etc.)
Leyes y reglamentos asociados con cambio climático.	GIL1	Proporción de leyes estatales y/o reglamentos municipales que contemplen los posibles efectos del cambio climático.	Número de leyes estatales y/o reglamentos municipales que contemplen los posibles efectos del cambio climático sobre el total existentes.
Instituciones gubernamentales que tengan injerencia o facultades sobre zonas costeras y marinas.	GIL2	Proporción de Instituciones que tengan injerencia o facultades sobre algunos aspectos que puedan incidir en las zonas marinas y costeras.	Número de instituciones con injerencia o facultades en zonas costeras y marinas sobre el total de instituciones.
Comisiones específicas en los congresos locales.	GIL3	Proporción de Comisiones específicas en los congresos locales.	Número de comisiones municipales sobre el total.
NOM orientados a reglamentar actividades que impactan al ambiente costero-marino.	GIL4	Proporción de las NOM orientados a reglamentar actividades que impactan al ambiente costero-marino del total existentes.	Número de NOM.
Programa Estatal de Cambio Climático.	GPPAI1	% de acciones instrumentadas del Programa Estatal de Cambio Climático.	Programa concluido y numero de acciones propuestas, numero de acciones instrumentadas.
Programas municipales de prevención de riesgo.	GPPAI2	% de acciones instrumentadas en los programas municipales de prevención de riesgo.	Programa concluido y numero de acciones propuestas, número de acciones instrumentadas.
Organizaciones dedicadas al cambio climático.	GOS1	% de organizaciones sociales dedicadas al cambio climático sobre el total.	Número de organizaciones sociales por municipio.
Procesos de participación pública.	GPPT1	% de procesos de participación pública en temática de cambio climático sobre el total de proceso.	Número de procesos de participación pública, numero de procesos por temática.
Representatividad ciudadana en MIA y OET.	GPPT2	% de participantes en consultas públicas de MIA y OET sobre el total de la población municipal.	Número de MIA y OET, población total y número de asistentes.

Tabla 17 . Indicadores de cambio climático (recursos humanos).

Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación DPSR)	Código	Descripción del indicador	Medición (variables, fórmulas, unidades, etc.)
Profesionistas que de manera curricular aborden el tema del cambio climático.	FREF1	% de profesionistas que aborden temática sobre el total de profesionistas por estado.	Número de profesionistas egresados por institución, numero de curricula que aborden el tema cambio climático.
Profesionistas que trabajan en instituciones gubernamentales en temática de cambio climático o en MIZC.	FREF3	% Profesionistas que trabajan por institución gubernamental sobre cambio climático o en MIZC.	Número de profesionistas, numero de instancias gubernamentales.
Profesionistas que trabajan en consultorías y empresas en temática de cambio climático o en MIZC.	FREF4	% Profesionistas que trabajan por consultorías y empresas sobre cambio climático o en MIZC.	Número de profesionistas, numero de consultorías y empresas sobre los temas.
Profesionistas que trabajan en SCO en temática de cambio climático o en MIZC.	FREF5	% Profesionistas que trabajan para SCO sobre cambio climático o en MIZC.	Número de profesionistas, numero de SCO sobre los temas.
Programas en medios con temática de cambio climático y MIZC.	FREI1	numero de programas que aborden cambio climático o MIZC en radio, televisión y prensa sobre el total de programas .	Número de programas en medio, numero de programas con temática.
Investigaciones con temas de cambio climático.	FRI1	% investigaciones con temática cambio climático sobre el total.	Número de investigaciones y temática.
Publicaciones con temas de cambio climático.	FRI3	% Publicaciones con temática cambio climático sobre el total.	Número de publicaciones y temática.

## LITERATURA CITADA

- Alvarado Aguilar D., 2000. Indicadores ambientales para la definición de áreas con potencial de conservación en la zona costera. Tesis de Maestría en Ciencias en Oceanografía Costera, FCM-UABC.
- Arredondo García, M.C., J.L. Fermán Almada, A. García Gastelum, G. Seingier, I. Espejel Carbajal, J.C. Ramírez Acevedo, 2005. Modelo de planificación ambiental del desarrollo turístico. *Aula y Ambiente*, 5(9/10): 117-131.
- Arredondo García M. C., 2006. Modelo multiescalar de indicadores como herramienta para la planificación ambiental en la región del Golfo de California. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Marinas-IIO, UABC. 121 pp + Anexos

- Arredondo García M. C., Ramírez J.C., I. Espejel, A. García y J.L. Ferman, 2007. Ordenamiento ecológico regional del corredor Puertecitos Bahía de los Ángeles-paralelo 28, BC. Secretaría de Protección al ambiente. [http://www.bajacalifornia.gob.mx/spa/ordenamiento\\_ecologico/Modelo/modelo.htm](http://www.bajacalifornia.gob.mx/spa/ordenamiento_ecologico/Modelo/modelo.htm).
- Atlas Estatal Digital. Gobierno de Chiapas, 2006. Atlas Nacional de Riesgos. <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/metadataexplorer/Presentaciones/2006/CHIAPAS.pdf><http://www.atlasdepeiligros.chiapas.gob.mx>.
- Ayuntamiento de Manzanillo- Secretaría de Desarrollo Social, 2004. Estudio Integral del Atlas de Riesgos para Manzanillo. Colima 2004. <http://www.manzanillourbano.com/archivos/Estudio%20Integral%20del%20Atlas%20de%20Riesgos%20para%20Manzanillo.pdf>.
- Azuz-Adeath, I., 2002. Gross Approximation on the Erosive Vulnerability along the Mexican Coast. Littoral 2002. The Changing Coast, EUCC/EUROCOAST Porto-Portugal, Proceedings Vol. II, p. 445-451.
- Azuz-Adeath, I. y E. Rivera-Arriaga, 2009. Descripción de la dinámica poblacional en la zona costera mexicana durante el periodo 2000-2005. *Papeles de Población*, 62(15): 75-107.
- Barrera-Roldan A., y A. Saldivar-Valdes, 2002. Proposal and application of a sustainable development index. *Ecological Indicators*, 2(3):251-256.
- Belfiore, S., M. Balgos, B. McLean, J. Galofre, M. Blaydes, y D. Tesch, 2003. A Reference Guide on the Use of Indicators for Integrated Coastal Management. Intergovernmental Oceanographic Commission-UNESCO, París, 136 p.
- Bojórquez-Tapia, L. (1993). Sustainability assessment for coastal development projects in Mexico. In: Fermán Almada, L.Gómez-Morin Fuentes, D.W. Fischer (Eds.). Coastal Management in México: The Baja California Experience. Coastlines of The World Series, O. Magoon (SeriesEd.). American Society of Civil Engineers (ASCE), New York, N.Y. 94-108.
- Bojórquez-Tapia, L.A., S. Díaz, y R. Saunier, 1997. Ordenamiento ecológico de la costa norte de Nayarit. OEA-UNAM, México, D.F.
- Bringas-Rábago N., 2002. Baja California and California's Merging Tourist Corridors: The Influence of Mexican Government Policies. *The Journal of Environment & Development*, 11 (3): 267-296
- Cendrero, A., 1989a. Mapping and Evaluation of Coastal Areas for Planning. *Ocean and Shoreline Management*, 12:427-462
- Cendrero, A., 1989b. Land-use problems, planning and management in the coastal zone: An introduction. *Ocean and Shoreline Management*, 12(5-6): 367-381
- Cendrero, A., E. Frances y J.R, Dial de Teran, 1992. Geoenvironmental units as a basis for the assessment, regulation and management of the Earth's surface. p. 199-234. In: A. Cendrero, G. Luttig and F.C. Wolff (eds.). Planning the use of the Earth's surface, Springer Verlag, Berlin -N. York:199-234.
- Cendrero U.A., 1997. Indicadores de desarrollo sostenible para la toma de decisiones. *Naturzale*, 12:5-25.
- Cendrero, A., y D.W. Fischer, 1997. Toward the development of a procedure for determining and monitoring the environmental quality of coastal areas for planning and management. *Journal of Coastal Research*, 13(3):732-744.
- Cendrero, A., E. Francés, D. Del Corral, J.L. Fermán, D. Fischer, L. Del Río, M. Camino y A. López, 2003. Indicators and indices of environmental quality for sustainability assessment in coastal areas: Application to case studies in Europe and the Americas. *Journal of Coastal Research*, 19(4): 919-933.

- Centro Regional de Investigación en Salud Pública (CRISP). OMS-VRAM, 2009. Metodología para la preparación del mapa de distribución de peligros sísmicos. E-Atlas de la OMS para riesgos de desastres ejemplo de aplicación en México Volumen 1: la exposición a los peligros naturales. Instituto Nacional de Salud Pública. (Vulnerability and Risk Analysis and Mapping).
- Cervantes, O., I. Espejel, E. Arrellano, y S. Delhumeau, 2008. Users' perception as a tool to improve beach planning and management. *Environmental Management*, 42: 249-264
- Cervantes O., y I. Espejel, 2008. A Model for the evaluation of recreational beaches: Its application in Mexico, Brazil, and the United States. *Ocean and Coastal Management*, 51:410-419
- Cicin-Sain, B., y R.W. Knecht, 1998. Integrated Coastal and Ocean Management. Concepts and Practices. Island Press, Washington, 517 p.
- Cicin-Sain, B., D. VanderZwaag, y M.C. Balgos, 2005. Integrated National and Regional Ocean Policies: Comparative Practices and Future Prospects. Ocean Policy Summit, Lisbon, Portugal, 2005.
- DOF, 2006. Decreto del Ordenamiento Ecológico Marinos del Golfo de California. Noviembre. 70p.
- EEA, 1996. Europe's Environment. The Dobris Report. European Environment Agency. [<http://www.eea.europa.eu/publications/92-828-3351-8>]
- EEA, 1998. Europe's Environment. The second assessment. European Environment Agency. [<http://www.eea.europa.eu/publications/92-828-3351-8>]
- EEA, 2003. Europe's Environment. The third assessment. European Environment Agency. [<http://www.eea.europa.eu/publications/92-828-3351-8>]
- EEA, 2006. The Changing Faces of Europe's Coastal Areas. EEA Report No. 6, European Environment Agency, 112 pp.
- EEA, 2007). Europe's Environment. The fourth assessment. European Environment Agency. [<http://www.eea.europa.eu/publications/92-828-3351-8>]
- EEA, 2008). EEA Signals 2009. Key Environmental Issues Facing Europe. European Environment Agency. 40 pp.
- Espejel, I. C. Leyva, A. Espinoza, R. Martínez, G. Arámburo, H. Riemann, Y. Cruz, S. Bullock, y T. Mendoza, 2006. Estrategias metodológicas para el manejo de la costera: Área de Protección de Flora y Fauna Valle de los Cirios. p. 737-752. En: P. Moreno Casasola, E. Perezbarbosa y C. Travieso. (eds.). Manejo Integral de la Zona Costera; Un Enfoque Municipal. Gobierno del Estado de Veracruz e Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz.
- Espejel, I., D. W. Fischer, C. García, A. Hinojosa, y C. Leyva, 1999. Land-Use planning for the Guadalupe Valley, Baja California, Mexico. *Landscape and Urban Planning*, 45(4):219-232.
- Espejel, I., G. Aramburo, C. Leyva, Y. Cruz, L.C. Bravo, y J. D. Flores, 2001. Coastal management in the Mediterranean type of vegetation in Baja California Mexico. *Medcoast*. p. 143-152. In: E. Ozhan (ed). Proceedings of the Fifth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment.
- Espejel, I. B. Ahumada, Y. Cruz, y A. Heredia, 2004. Coastal vegetation as indicators for conservation. 297-318. In: M. Martínez, N. Psuty & R. Lubke (eds). Coastal Sand Dunes: Ecology and Restoration. Springer. (171)18.
- Espejel I. C. León, J.L. Fermán, G. Bocco. F. Rosete, B. Graizbord, A. Castellanos, O. Arizpe, y G. Rodríguez, 2004. Planeación del uso del suelo en la región costera del Golfo de California y Pacífico Norte de México. p. 321-340. En: E. Arriaga Rivera *et al.* (eds.) El Manejo Costero en México. Epomex, Semarnat, CETYS-Universidad, Univ. de Quintana Roo.

- Espejel, I., C. Arredondo, A. García, A. Espinoza, y G. Montaña, 2007. Esquema de Monitorización del desarrollo sustentable en la zona costera del noroeste de México. p. 161-14. En: I. Azuz (ed.). *Infraestructura y Desarrollo Sustentable*. CETYS-Universidad.
- Espejel, I., A. Espinoza-Tenorio, O. Cervantes, I. Popoca, A. Mejía, y S. Delhumeau, 2007. Proposal for an integrated risk index for the planning of recreational beaches: use at seven Mexican arid sites. p. 47-51. In: Proceedings. International Coastal Symposium. Queensland Australia. *Journal of Coastal Research*. Special Issue.
- Escofet A., e I. Espejel, 2004. Geographic indicators of coastal orientation and large marine ecosystems: alternative basis for management-oriented cross-national comparisons. *Coastal Management*, 32: 117-128.
- Euan, Avila J. A. García de Fuentes, y M. A. Liceaga, 2007. Programa de ordenamiento ecológicos del territorio costero del Estado de Yucatán. 41 p.
- Fermán Almada, L. Gómez-Morin Fuentes, y D.W. Fischer (eds.), (1993). *Coastal Management in México: The Baja California Experience*. Coastlines of The World Series, O. Magoon (Series Ed.). American Society of Civil Engineers (ASCE), New York, N.Y.
- Fermán-Almada J. L., 1994. Programa de Manejo Integrado de la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. Tesis de Maestría. UABC. Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada BC.
- Fermán Almada, J. L. A. Varela Romero, A. Cruz Varela, L. Gómez-Morín Fuentes, D. W. Fischer, A. Escofet, e I. Espejel, 1997. A methodology for developing a management program for protected area: the Biosphere reserve of the Upper California Gulf and Colorado River Delta. p. 600-622. In: O. Magoon (Series ed.). *California and the World Ocean'97*. Vol. 1. American Society of Civil Engineers. ASCE. 600-622.
- Fermán-Almada J. L., 2005. Ordenamiento del Golfo de California. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Marinas. UABC.
- Frausto, O., T. Ihl, J. Rojas, S. Goldacker, G. Chale, S. Giese, J. Wurl, P. Careaga, y R. Bacab, 2006. Áreas susceptibles de riesgo en localidades de pobreza extrema en el sur de Yucatán. *Teorías y Praxis*, (2): 87-103).
- Gabriel Morales J., y J. L. Pérez Damián, 2006. Crecimiento poblacional e instrumentos para la regulación ambiental de los asentamientos humanos en los municipios costeros de México. *Gaceta Ecológica*, 79:57-77.
- García Gastelum, A., J.L. Fermán Almada, M.C. Arredondo García, L.A. Galindo Bect, G. Seingier, y A. Cruz Varela, 2005. Modelo de planeación ambiental de la zona costera a partir de indicadores ambientales. *Sapiens*, 6(2): 9-24. .
- García Gastelum, A., 2006. Modelo regional de vulnerabilidad costera. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Marinas-IIO, UABC. 102 pp + Anexos
- Gómez-Morín, L. J.L. Fermán Almada, A. Escofet., I. Espejel, y G. Aramburo, 1993a. Ordenamiento Ecológico del Corredor Costero Tijuana-Ensenada. Informe técnico Final. Semarnat.
- Gómez-Morin F. L., y L.A. Bojórquez-Tapia, 1993b. Environmental planning in Baja California, México: A methodological approach. p. 109-118. In: J.L. Fermán Almada, L. Gómez-Morin Fuentes, and D.W. Fischer (eds.) *Coastal Management in México: The Baja California Experience*. Coastlines of The World Series, O. Magoon (Series Ed.). ASCE, New York, N.Y.

- Gómez-Morín F. L., 1994. Marco Conceptual y Metodológico para la Planificación ambiental del Desarrollo Costero en México: La Experiencia de Baja California, Tesis de Maestría. UABC. Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada BC.
- Gómez-Orea, D., 1994. Ordenación del territorio. Una aproximación desde el Medio Físico. ITGE. Madrid. 238 p.
- Gutiérrez de MacGregor, M.T., y J. González Sánchez, 1999. Las costas mexicanas y su crecimiento urbano. *Investigaciones Geográficas*, 40:110-126.
- Hernández, C. M. E., T. L. A. Torres, y M.G. Valdez, 2000. Sequía Meteorológica. p. 25-40. En: C. Gay (comp.) México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. Resultados de los estudios de la vulnerabilidad del país, coordinados por el INE con el apoyo del US Country Studies Program, México: INE, Semarnap, UNAM, US Country Studies Program.
- Holman N., 2009. Incorporating local sustainability indicators into structures of local governance: a review of the literature. *Local Environmental*, 14(4): 365-375.
- IOC-UNESCO, 2006. A Handbook for Measuring the Progress and Outcomes of Integrated Coastal and Ocean Management. IOC Manuals and Guides, 46; ICAM Dossier, 2. Paris, UNESCO.
- IPCC, 1990. First Assessment Report. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC-FAR). [<http://www.ipcc.ch>]
- IPCC, 1995. Second Assessment Report. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC-SAR). [<http://www.ipcc.ch>]
- IPCC, 2001. Third Assessment Report. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC-TAR). [<http://www.ipcc.ch>]
- IPCC, 2007. Fourth Assessment Report. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC-FAR). [<http://www.ipcc.ch>]
- Juárez, M. C., 2000. Los niveles de asimilación económica de la región costera de México. *Investigaciones Geográficas*, 43: 167-182.
- Juárez Gutierrez M.C., L. Iñiguez Rojas, y M.A. Sanchez Celada, 2006. Niveles de riesgos social frente desastres naturales de la Riviera mexicana. *Investigaciones Geográficas*, 61:75-88.
- Kay, R., y J. Alder, 2005. Coastal Planning and Management. Taylor & Francis, London and New York, 380 p.
- Meadowcroft, J., 2000. Sustainable Development: A New(ish) Idea for a New Century? *Political Studies*, 48: 370-387.
- Múgica, F. J., M. García-Rendón, y F. Rosete, 2000. El ordenamiento ecológico de las zonas costeras de México. Caso de la costa de Tamaulipas. p. 295-327. En: Primer Congreso Nacional de Ordenamiento Ecológico del Territorio. Semarnap, Universidad de Guadalajara y PNUD.
- UN-CSD, 2001. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. United Nations, Commission on Sustainable Development (UN-CSD), New York, 320 p.
- OCDE, 1993. OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews, A synthesis report by the Group on the State of the Environment. Environmental Monograph # 83, Organization for Economic Co-operation and Development, Paris.
- Padilla y Sotelo, S., 2000. La población en la región costera de México en la Segunda mitad del siglo XX. *Investigaciones Geográficas*, 41: 81-94. .
- Popoca Arellano I.E., 2006. Evaluación integrada de las playas recreativas de Loreto y Nopoló, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas, FC-UABC.96 p.

- Ramírez Acevedo J. C., 2005. Sistema experto para el ordenamiento ecológico marinos de Golfo de California. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas. UABC.
- Ramsey, J., S. Ebener, R. Lozano, M. Casas, A. Orozco, y J. Pinto, 2009. Atlas de peligros y vulnerabilidad social para desastres en la República Mexicana. Sistema de Información para la Prevención de Desastres Chiapas (<http://200.23.34.73/>). Seminario Gestión de Riesgos por Inundaciones a tres años del huracán Stan en Chiapas, 29-30 de Enero 2009. Tapachula, Chiapas <http://200.23.34.73/ponencias/viernes/atlas.pdf>.
- Rodríguez Ramírez A.E., 2007. Evaluación de la Sustentabilidad costero terrestre a través de indicadores en la Bahía San Francisco en Guaymas, Sonora. Tesis de Maestría Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas, FC-UABC. 56 p.
- Rivas, V. K. Rix, E. Frances, A. Cendrero, y D. Brunsdena, 1997. Geomorphological indicators for environmental impact assessment: consumable and non-consumable geomorphological resources. *Geomorphology*, 18(3-4): 169-182.
- Rivera-Arriaga, E., G. Villalobos Zapata, R. León, O. López Chan, M. Arjona, J. Paredes, T. Saavedra, G. Palacio Aponte, G. Borges, M. González, J. Ramos Miranda, D. Flores Hernández, y I. Espejel, 2006. Estudio de zonas con litoral para el estado de Campeche, Proyecto Sedesol-Gob. Edo. Campeche, 658 p.
- Sara-Gutiérrez, C. , A. Iturbe-Posadas, P. Salles- Alonso, y R. Silva-Casarín, 2007. Atlas de riesgo oceanográfico del estado de Quintana Roo. Universidad de Quintana Roo-UNAM. [http://200.23.34.73/novedades/Atlasderiesgoceanografico\\_ver2.0.pdf](http://200.23.34.73/novedades/Atlasderiesgoceanografico_ver2.0.pdf)
- Seingier G., I. Espejel y J. L. Fermán Almada, 2009. Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. *Investigación Ambiental y Política Pública*, 1(1):
- Soto, j., L. Sevilla, D. Corral, E. Francés, A. Cendrero, A. Fabbri, M. Paniza, J.L. Fermán, C. Quintana, E. Latrubesse, M. Cantú, y D. González, 2000. Índice de calidad ambiental y salud (Proyecto Elanem). Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica, 15:27-34.
- UN, 1992. United Nation Convention on Climate Change. [<http://www.un.org>]
- UN, 1998. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations, 21 pp. [<http://www.un.org>]
- UNEP, 1989. Report of the Executive Director of the United Nations Environment Programme to the First Meeting of the Parties to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. United Nations Environment Programme (UNEP). 35 p.
- Van Buuren, J., T. Smit, G. Poot, A. van Elteren, O. Kamp, y A. Kunitzer, 2002. Testing of indicators for the marine and coastal environment in Europe Part 1: Eutrophication and integrated coastal zone management. European Environment Agency, Copenhagen. 49 p.
- Vidal, L., 2010. Análisis de capacidad de gestión ambiental ante el cambio climático en instrumentos de planeación de la costa de Quintana Roo. p. 789-810. En: E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche-Gual y G. Villalobos-Zapata (eds) El Cambio Climático en México. Un enfoque costero-marino. Universidad Autónoma de Campeche. CETYS-Universidad, Gob. estado de Campeche. 944 p.
- Winograd, M., N Fernández, y RM Franco, 1995. Marco conceptual para el desarrollo y uso de indicadores ambientales y de sustentabilidad para toma de decisiones en Latinoamérica y el Caribe. Documento para Discusión Taller Regional sobre Uso y Desarrollo de Indicadores Ambientales y de Sustentabilidad. PNUMA - CIAT. México D.F., México, : 22. <http://www.unep.org>





---

**Cambio climático en México: un enfoque costero y marino**

Se realizó en el Departamento de Difusión y Publicaciones  
del Centro EPOMEX-Universidad Autónoma de Campeche.

Composición, diseño y proceso editorial a cargo de Jorge Gutiérrez Lara

Diseño de la cubierta a cargo de Juan Manuel Matú

Se terminó de imprimir en el mes de diciembre  
en los talleres gráficos de SyG Editores, SA. de CV  
Se tiraron 1 000 ejemplares más sobrantes por reposición

---





Conocer y comprender de manera adecuada las escalas espaciales y temporales en las que ocurren los fenómenos y procesos que condicionan la evolución de los litorales mexicanos, es un requisito fundamental para llevar a cabo su gestión y para realizar una planeación adecuada.

El libro que aquí se presenta, habla de conocimientos que permean a través de escalas generacionales, habla del hoy y del mañana; deja asentado la profunda preocupación de los estudiosos actuales de la zona costera por cambios a escala global, que trascenderán su existencia y que normarán el actuar de las generaciones futuras.

A lo largo de los años, la frágil región costera del país, se ha visto sometida a un sinnúmero de presiones e impactos: contaminación, alteración del paisaje natural, crecimiento urbano no planificado, erosión costera, sobreexplotación y/o agotamiento de sus recursos naturales, modificaciones de sus funciones ambientales, etc. Sin embargo, nunca como ahora los efectos del cambio climático podrían magnificar estos procesos, y conducir al deterioro acelerado de las regiones más valiosas del país.

La zona costera es un escenario de complejidad social, donde marginación y exceso conviven cotidianamente. Los fenómenos naturales o los asociados al desarrollo humano, generan de manera periódica o episódica condiciones de riesgo y en muchas ocasiones desastres, poniendo de manifiesto la vulnerabilidad inherente a estos espacios únicos. El cambio climático está incrementando los niveles de riesgo de todas las zonas costeras, sin distinguir o reconocer diferencias de ningún tipo.

El cambio climático plantea el mayor reto hasta ahora vivido por la humanidad y en particular para la zona costera. Es ahí donde el manejo costero integrado plantea la visión multidisciplinaria y de largo plazo adecuada para abordar ese reto. El proceso del desarrollo sostenible de los recursos y espacios costeros con el objetivo de mejorar la calidad de vida de sus pobladores, se debe dar día a día, para lo cual es indispensable la articulación gubernamental y social, la participación de todos los actores y usuarios y el avance continuo del conocimiento científico y técnico.

Esta obra es un manifiesto de nuestra generación para las generaciones futuras, en el que se expresa no tan solo el conocimiento actual que se tiene sobre la zona costera y la necesidad de transmitirlo a los tomadores de decisiones, actores y usuarios; sino que intenta llamar la atención sobre el efecto a largo plazo que tendrá el cambio climático en su dinámica (económica, social y ambiental). En la medida en que nuestros hijos o los hijos de nuestros hijos sepan apreciar este esfuerzo y puedan tomar decisiones mejor informados, los editores y autores estaremos satisfechos por esta llamada de atención hecha –creemos- a tiempo.

ISBN 9778-607-7887-20-1

