

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Instituto de Investigaciones Oceanológicas
Facultad de Ciencias Marinas
Facultad de Ciencias



DESARROLLO SUSTENTABLE DE LAS COSTAS MEXICANAS: ESCENARIOS DE EVALUACIÓN Y MONITOREO

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO
PRESENTA

GEORGES SEINGIER

Ensenada, Baja California, 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Instituto de Investigaciones Oceanológicas
Facultad de Ciencias Marinas
Facultad de Ciencias

DESARROLLO SUSTENTABLE DE LAS COSTAS MEXICANAS: ESCENARIOS DE EVALUACIÓN Y MONITOREO

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO
PRESENTA

GEORGES SEINGIER

Ensenada, Baja California, 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Instituto de Investigaciones Oceanológicas
Facultad de Ciencias Marinas
Facultad de Ciencias
DES DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

DOCTORADO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO
ÁREA DESARROLLO Y PLANIFICACIÓN

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO
PRESENTA

GEORGES SEINGIER



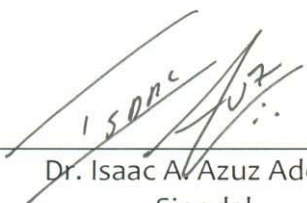
Dra. Martha Ileana Espejel Carbajal
Codirectora de Tesis



Dr. José Luis Fermán Almada
Codirector de Tesis



Dra. Gabriela Montaña Moctezuma
Sinodal



Dr. Isaac A. Azuz Adeath
Sinodal



Dr. Guillermo Aramburo Vizcarra
Sinodal

RESUMEN

El propósito general de esta tesis es utilizar un enfoque interdisciplinario basado en modelos de índices de comparación cruzada para proponer un esquema de evaluación y o sistema de monitoreo del desarrollo sustentable de las costas mexicanas. Se utilizan diversos indicadores tomados de bases de datos oficiales como son los censos e inventarios forestales del INEGI. Se presenta una estimación de: 1) el estado del ambiente natural, 2) el estado socio económico de la población, 3) la presión de origen natural (ligado a indicadores importantes para cuestiones de cambio climático y a la peligrosidad natural de las costas), 4) la presión socioeconómica (cambios poblacionales retrospectivos y proyectados) y 5) diversas situaciones de sustentabilidad. La ventaja de usar información censal o de inventarios es que proveen información homogénea tanto espacial como temporalmente y para todo el territorio nacional. Este trabajo propone el uso de los resultados como una línea base, o como un conjunto de puntos de referencia, para que posteriormente sea posible hacer comparaciones temporales y se pueda observar la evolución tanto de los indicadores aislados como de los índices integrados y así determinar las tendencias del sistema ambiente-sociedad en las costas mexicanas. La tesis está organizada en cuatro artículos, el primero muestra que las costas donde más recursos naturales se han aprovechado (pérdida de naturalidad), no corresponden a las poblaciones costeras con mejor bienestar (visto a través del índice de marginación). Los siguientes dos artículos, muestran el potencial del desarrollo de modelos y del análisis a nivel nacional a través del desarrollo del índice de riesgo costero o IR y del índice de orientación municipal costera o IOC. En ambos casos, la problemática costera mexicana queda constatada (especialmente con los resultados del IR) y se proponen unas opciones de priorización costera en el tercer artículo. El análisis integrado de los resultados define dos características del desarrollo de las costas mexicanas: 1) los resultados de los diferentes modelos no califican a los municipios "más desarrollados" como los más sustentables, lo que sugiere que el modelo de desarrollo que se ha seguido en el país no es sustentable de acuerdo a nuestras definiciones y estimaciones, 2) a pesar de esto, la no-sustentabilidad solamente se estimó en la mitad de los municipios costeros, por lo que se concluye que México ha llegado a un punto crítico en el cual estamos a medio camino y todavía podemos revertir los errores ya que estamos a tiempo de cambiar el rumbo del desarrollo costero nacional. Para esto se propone: 1) aprender de las lecciones del desarrollo actual y pasado para 2) redireccionarlo cualitativamente y promover una sociedad sustentable en términos de calidad de vida y 3) (re)ubicarlo espacialmente para optimizar las condiciones naturales que aun quedan con buena calidad. Este trabajo puede integrarse a diferentes procesos de toma de decisión, por ejemplo, dentro del marco de la Asociación Nacional de Municipios Costeros, de la Política Ambiental Nacional por el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas, y de los ordenamientos ecológicos y costeros.

Palabras claves: Sustentabilidad, municipios, planicie costera, región florística, marginación, dunas, riesgo, peligrosidad, vulnerabilidad, orientación costera, presión, estado.

Dedicatoria

A Conchita, Marianne & Sebastian	<i>Por ser... mi fuente de inspiración. Por todos estos momentos que no estuvimos juntos...</i>
A mis padres	<i>Por su amor y enseñanzas. Por apoyarme siempre... desde el otro lado del Atlántico.</i>
A mis hermanas	<i>Por siempre hacer llegar su cariño desde cualquiera parte del mundo.</i>
À ma famille et amis en France	<i>Loin d'ici mais toujours présents.</i>
A la Familia Chong Silva	<i>Por su generosidad y apoyo.</i>
A la familia de Pénjamo	<i>Por siempre estar al pendiente de nosotros en Ensenada...</i>
Al grupo de Manejo de Zona Costera	<i>Por el siempre presente apoyo y amistad!!!</i>

Agradecimiento

A la Universidad Autónoma de Baja California
por existir y por participar en la realización plena del hombre que pasa por ella

**A la Facultad de Ciencias Marinas, Facultad de Ciencias,
Instituto de Investigación Oceanológicas,**
y a su personal administrativo y académico por el tiempo y ayuda.

- A mis co-directores, por aceptar de serlo, por su comprensión y apoyo a lo largo de esos años.
- A la **Doctora Martha Ileana Espejel Carbajal**, por su tiempo, dedicación, valiosas aportaciones y sobre todo por su entusiasmo contagioso.
- Al **Doctor José Luis Fermán Almada**, por sus siempre acertadas y valiosas aportaciones al trabajo, por su apoyo desde el inicio de este doctorado.
- A mis sinodales, el **Doctor Guillermo Aramburo Vizcarra**, el **Doctor Isaac A. Azuz Adeath**, y la **Doctora Gabriela Montañó Moctezuma**, por sus atinados cuestionamientos de este trabajo, sus comentarios y sugerencias.
- Al coordinador del programa, **Leopoldo Mendoza Espinosa**, por siempre estar al pendiente de sus estudiantes...
- A mis **compañeros de doctorado**, por compartir penas y preocupaciones.
- Al **Grupo de Manejo de Zona Costera**: Conchita, Alejandro, Juan Carlos, Hiram y Carolina, por su amistad, compañerismo... y por las pláticas a la hora del café!
- A todos y cada uno de mis **amigos y amigas...**

**¡ Gracias !
Merci !**

Contenido

Introducción	1
Antecedentes	3
Marco conceptual	4
Área de estudio	7
Objetivo general	9
Objetivos específicos	9
Métodos	10
Resultados	15
Artículo 1	
Artículo 2	
Artículo 3	
Artículo 4	
Discusiones	16
1- De los modelos	16
2- De la base de datos	19
3- Del arreglo de las bases de datos: la zonificación del espacio costero	20
4- De los resultados	22
Conclusiones	26
Conclusiones del primer artículo	26
Conclusiones del segundo artículo	27
Conclusiones del tercer artículo	28
Conclusiones del cuarto artículo	29
Conclusión general	30
Bibliografía	33
 Anexos	
Anexo 0 - Datos municipales, estatales, y por regiones florísticas	
Anexo 1 - Artículo 1	
Anexo 2 - Artículo 2	
Anexo 3 - Artículo 3	
Anexo 4 - Artículo 4	

Listado de tablas y figuras

Tabla 1. Comparación de la población entre los municipios costeros y la totalidad de los estados costeros, para 2005 y 2030 (Partida, 2008)	2
Figura 1. Marco conceptual desarrollado a partir de OCDE (1991) y Onate et al. (2002)	6
Figura 2. Municipios costeros de México	7
Figura 3. Municipios costeros de México agrupados por las cinco regiones florísticas de ambientes no inundables según Moreno Casasola <i>et al.</i> (1998)	8
Figura 4. Ubicación de los 169 municipios con respecto a la extensión de los 17 estados	8
Figura 5. Representación de los indicadores en función del estado y de la presión	11
Figura 6. Ubicación de los modelos con respecto a la componente ambiental, social y económica	13
Figura 7. 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 de Mapastepec, Chiapas	14
Figura 8. Criterios par delimitar el territorio, en las direcciones tanto paralela como perpendicular a la costa	20

Listado de tablas y figuras de los anexos

Anexo 0 - Datos municipales, estatales, y por regiones florísticas

Tabla 0-1. Resumen de indicadores principales para los 169 municipios costeros.

Tabla 0-2. Agrupación de municipios por estados.

Tabla 0-3. Relación de la agrupación de los municipios en la región florística 1.

Tabla 0-4. Relación de la agrupación de los municipios en la región florística 2.

Tabla 0-5. Relación de la agrupación de los municipios en la región florística 3.

Tabla 0-6. Relación de la agrupación de los municipios en la región florística 4.

Tabla 0-7. Relación de la agrupación de los municipios en la región florística 5.

Anexo I - Anexo del artículo I

Tabla I-1. Tabla de indicadores del artículo 1.

Figura I-1. Relación entre el límite de la planicie costera (curva de nivel de los 200 metros arriba del nivel del mar) y la extensión municipal. Las áreas grises son las extensiones de los municipios costeros en la planicie costera.

Anexo II - Anexo del artículo II

Tabla II-1. Tabla de indicadores del artículo 2.

Diagrama II-1. Agregación de la información para el índice de riesgo.

Figura II-1. Índice de peligrosidad: Datos de los 169 municipios costeros agrupados en los 17 estados. En un punto negro en promedio estatal del índice de peligrosidad y la línea marca el promedio de 0.35 de IP municipal.

Figura II-2. Índice de vulnerabilidad: Datos de los 169 municipios costeros agrupados en los 17 estados. En un punto negro en promedio estatal del índice de vulnerabilidad y la línea marca el promedio de 0.32 de IV municipal.

Figura II-3. Índice de vulnerabilidad, por municipio.

Figura II-4. Índice de peligrosidad, por municipio.

Figura II-5. Porcentaje de crecimiento municipal entre los años 2005 y 2030 (INEGI, 2005 y Partida Bush, 2030).

Anexo III - Anexo del artículo III

Tabla III-1. Tabla de indicadores del artículo 3.

Diagrama III-1. Agregación de la información para el índice de orientación costera.

Diagrama III-2. Agregación de la información para el componente físico, ICF, del índice de orientación costera.

Diagrama III-3. Agregación de la información para el componente social, ICS, del índice de orientación costera.

Diagrama III-4. Agregación de la información para el componente económico, ICE, del índice de orientación costera.

Tabla III-2. Resultados del modelo de índice de riesgo ordenados por IR decreciente: clases por municipio.

Figura III-1. Indicador municipal de longitud de costa.

Figura III-2. Indicador de área municipal.

Figura III-3. Subíndice municipal de longitud de costa entre superficie municipal: CLMAI.

Figura III-4. Subíndice municipal de proporción del municipio en la planicie PMCPI.

Figura III-5. Subíndice municipal de número de aguas marinas interiores: MIWI.

Figura III-6. Indicador de población municipal para el año 2005: PM.

Figura III-7. Indicador municipal de población en la planicie costera para el año 2005: PP.

Figura III-8. Subíndice municipal de población costera: $CPI = PP / PM$.

Figura III-9. Indicador municipal de número de localidades entre 10,000 y 100,000 habitantes en el municipio (2005).

Figura III-10. Indicador municipal de número de localidades entre 10,000 y 100,000 habitantes en la planicie (2005).

Figura III-11. Indicador municipal de número de localidades superior a 100,000 habitantes (2005).

Figura III-12. Subíndice municipal de infraestructura urbana: UUI.

Figura III-13. Indicador municipal de porcentaje de la población de la planicie que gane menos de 2 salarios mínimos (2000): P2MS.

Figura III-14. Indicador municipal de porcentaje de la población de la planicie que gane más de 2 y hasta 5 salarios mínimos (2000): P2T5MS.

Figura III-15. Indicador municipal de porcentaje de la población de la planicie que gane más de 5 salarios mínimos (2000): P5MS.

Anexo IV - Anexo del artículo IV

Tabla IV-1. Tabla de indicadores del artículo 4.

Diagrama IV-1. Agregación de la información para el índice de sustentabilidad.

Tabla IV-2. Resultados del modelo de sustentabilidad, ordenados por IS creciente.

Figura IV-1. Índice de estado.

Figura IV-2. Índice de desempeño.

Figura IV-3. Índice de presión.

Introducción

México es uno de los países del mundo con más longitud de costa. La amplitud de su extensión territorial ha favorecido una elevada riqueza biológica, la cual comparte el espacio con las actividades de extracción petrolera, de turismo, las actividades marítimas y portuarias, la industria, la acuacultura, la agropecuaria y la pesca, entre otras. En el año 2005, los municipios costeros contaban con casi 17 millones de habitantes, lo que representa el 16% de los 104 millones de mexicanos. Para 2030, se proyecta que más de 47 millones (39% de los 120 millones de mexicanos) vivirán en la costa la cual según Partida (2008), crecerá demográficamente más que el resto del país (Tabla 1). El modelo de desarrollo que se ha propiciado en las costas mexicanas es de un crecimiento basado en lo económico y no en lo social ni en lo ambiental ni integradamente. La falta de planeación ha generado situaciones de desorden territorial asociado a deterioro de los paisajes, contaminación, sobreexplotación, entre otros, pero sobre todo genera conflictos de los usuarios por el espacio o el recurso (SEMARNAT, 2007). A la problemática de la zona costera, es importante incluir los efectos del cambio climático (elevación del nivel del mar y frecuencia de eventos hidrometeorológicos).

Desde el inicio de la actual década, el Instituto Nacional de Ecología proponía estrategias de gestión integrada que fueran específicas para las zonas costeras del país y una delimitación espacial operativa del concepto de zona costera como los límites político-administrativos sobre los que se pueden aplicar leyes y reglamentos (INE, 2000). Se hacían recomendaciones de política para la gestión integrada de los municipios con frente litoral: tener una perspectiva interdisciplinaria; considerar la integración de diferentes áreas del conocimiento y fortalecer, crear, actualizar y acceder a bases de datos e inventarios. Cabe comentar que la propuesta constataba unas fuerzas desfavorables para la gestión integrada de la zona costera de México: 1) la escasez de estudios integrados y 2) el abuso del argumento de que la información disciplinaria es insuficiente y de que es necesario generar más información.

Se hicieron otros esfuerzos académicos y vinculados a la SEMARNAT, INE y gobiernos municipales (principalmente Rivera Arriaga et al., 2004; Moreno-Casasola et al., 2006, Cordova et al., 2006 y 2009), pero es hasta el año 2007, y dentro del marco de la Política Ambiental Nacional para el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas (PANDSOC) que llevó a cabo la formulación del “Plan Nacional de Manejo Costero”, publicada por la SEMARNAT como la “Estrategia Nacional para el Ordenamiento Ecológico del Territorio en Mares y Costas” (SEMARNAT, 2007), con los siguientes principios rectores: un enfoque multidisciplinario, con el uso de la mejor información disponible, y con el fin de orientar, comunicar y articular la investigación, la generación de conocimiento y su intercambio, para proponer soluciones para la resolución de la problemática relativa a la sustentabilidad del espacio costero mexicano. Cabe comentar que acerca del ámbito local, se

recomienda continuar la identificación, a partir de procesos regionales, los municipios prioritarios que requieran de procesos de planeación (la PANDSOC recomienda ordenamiento ecológico) a una escala más fina. Además se propone desarrollar un Sistema Ambiental Nacional de Información de Costas y Océanos (SANICO) de la Estrategia Nacional para el Ordenamiento Ecológico del Territorio en Mares y Costas para orientar, comunicar y articular la investigación científica y tecnológica, que opere como catalizador en la generación de conocimiento y su intercambio, para el apoyo a la toma de decisiones en la gestión ambiental y la planeación territorial, para la implementación de sistemas productivos sustentables y la evaluación y monitoreo ambiental de los océanos y costas (SEMARNAT, 2007).

Estado	Población en los municipios costeros		Porcentaje de crecimiento entre 2030 y 2005	Población en los estados costeros		Porcentaje de crecimiento estatal entre 2030 y 2005	Porcentaje de crecimiento municipal costero anual
	2005	2030		2005	2030		
BCS	509,524	831,837	63	509,524	831,837	63	2.5
Sonora	1,740,576	2,096,175	20	2,413,074	2,841,311	18	0.8
Yucatán	184,288	218,346	18	1,826,750	2,388,286	31	0.7
QRoo	1,097,426	2,421,695	121	1,130,652	2,450,833	117	4.8
Nayarit	407,203	357,766	-12	958,587	986,329	3	-0.5
Campeche	611,840	830,938	36	758,987	967,262	27	1.4
Jalisco	312,760	422,937	35	6,782,676	7,787,954	15	1.4
Tamaulipas	1,237,322	1,481,485	20	3,035,926	3,824,091	26	0.8
Oaxaca	579,491	621,517	7	3,553,231	3,397,575	-4	0.3
BC	2,732,007	4,869,968	78	2,822,478	5,074,986	80	3.1
Tabasco	734,783	742,489	1	2,006,277	2,164,863	8	0.0
Sinaloa	2,219,973	2,261,494	2	2,632,273	2,608,651	-1	0.1
Chiapas	648,414	518,086	-20	4,312,067	5,290,229	23	-0.8
Colima	262,120	335,461	28	569,727	733,205	29	1.1
Michoacán	199,562	150,784	-24	4,016,934	3,533,061	-12	-1.0
Guerrero	1,159,512	861,179	-26	3,154,988	2,883,660	-9	-1.0
Veracruz	2,197,521	2,256,588	3	7,201,126	7,362,776	2	0.1
<i>Total:</i>	16,834,322	21,278,745		47,685,277	55,126,909		

Tabla 1. Comparación de la población entre los municipios costeros y la totalidad de los estados costeros, para 2005 y para 2030 (Partida, 2008).

El presente trabajo doctoral adelanta unas propuestas para atender estas recomendaciones al construir modelos de evaluación basados en índices interdisciplinarios y al usar fuentes de información provenientes de los censos nacionales, los cuales se pueden desglosar para obtener datos con más detalle, el conjunto repetible a intervalos de tiempos recurrentes e integrado en un sistema de información geográfica similar al SANICO propuesto por la SEMARNAT.

Antecedentes

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. Internacionalmente, 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 monitoreo de manera sectorial además que contemplan datos más específicos, por ejemplo con temas de 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)

En México, las políticas públicas de la zona costera suelen ser sectoriales y con una falta de visión integral de desarrollo social y económico. La ausencia de una definición legal de la costa es una prueba. Existen algunos programas de cobertura nacional, como el Programa Integral de Playas Limpias para monitorear la calidad del agua en playas mediante el esfuerzo conjunto de las Secretarías de Marina, Medio Ambiente, Salud y Turismo, pero enfocados a un sector específico del turismo de playa, y a la problemática de la calidad del agua de mar para fines recreativos (SEMARNAT, 2009). Otras propuestas relacionadas también al mismo sector turístico se han hecho con una evaluación interdisciplinaria a través del cálculo de un índice integral para la evaluación de playas recreacionales, pero con un enfoque holístico que toma en cuenta aspectos descriptivos naturales, percepciones sociales, y valores económicos (Cervantes y Espejel, 2008); sin embargo no se ha aplicado sistemáticamente a todas las playas de la República.

Aquí cabe mencionar la existencia de los instrumentos de gestión ambiental que son los ordenamientos ecológicos del territorio en sus diferentes modalidades. Por su carácter transversal, el Ordenamiento Ecológico del Territorio puede constituirse como una herramienta clave para la gestión integrada de las costas y para la construcción de una política de Estado o Nacional de Océanos y Costas que no había existido en el país (SEMARNAT, 2007). De la misma manera, pero a otras escalas, un ordenamiento marino combinado con ordenamientos regionales o locales costeros, podrán fomentar esa gestión integrada, una vez publicados y bajo el seguimiento del comité técnico de ordenamiento a través de las bitácoras ambientales (SEDUMA, 2009), como en las regiones del Mar de Cortés y en el Golfo de México (SEMARNAT, 2006; SPA, 2007) y muy recientemente en el Pacífico.

Por lo tanto, es necesario emprender procesos que integren datos intersectoriales (componentes económicos, sociales y ambientales) de las costas, además de tratarlos integrada y espacialmente, para la formulación y gestión de los planes y programas integrales de desarrollo (SEMARNAT, 2007).

Marco conceptual y metodológico

La problemática de la modelización de cualquier fenómeno se relaciona a 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 su representatividad del fenómeno, mas general, 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 en su turno se combinan para producir indicadores de tercer orden, o índices. 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). El número de indicadores utilizados para formar un modelo es definido por el propósito del modelo y por la disponibilidad de datos en el momento (Caraveo, 2001).

El desarrollo sustentable debe ser un proceso de avance hacia la satisfacción de las necesidades de la población sin comprometer la base de la sobrevivencia de la misma población, es decir sin comprometer el medio ambiente. Las definiciones del desarrollo sustentable han variado en función del propósito, de los conceptos considerados para cierto alcance y de la aplicación del concepto por lo que resultan en un uso de indicadores distintos (De Camino y Muller, 1993; Hammond *et al.*, 1995; Holmberg *et al.*, 1991; O'Connor, 1995; SCOPE, 1995; Winograd, 1995, World Bank, 1995 a y b). De acuerdo a Mageau *et al.* (2003) el uso de indicadores en el manejo de la zona costera ha sido fomentado, tanto a través de guías y marcos de evaluación (World Bank, 1999; US EPA, 2000; Kurst, 2001), como con el desarrollo de modelos. En el presente trabajo, nos basaremos en la definición del principio de desarrollo sustentable como el enunciado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio ambiente y Desarrollo (UNCED): la búsqueda contextual de 1) la integridad ecológica, 2) la eficiencia económica, y la equidad social intra e inter generacional (Sanchez-Gil, 2004).

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 posterior del modelo posteriormente incluyen un componente de Fuerzas Motrices o causas externas como pueden ser la presión demográfica, demanda internacional, etc.; así como otro componente de impactos relacionados a un cambio en la calidad del estado pero afecta 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 al 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, 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.

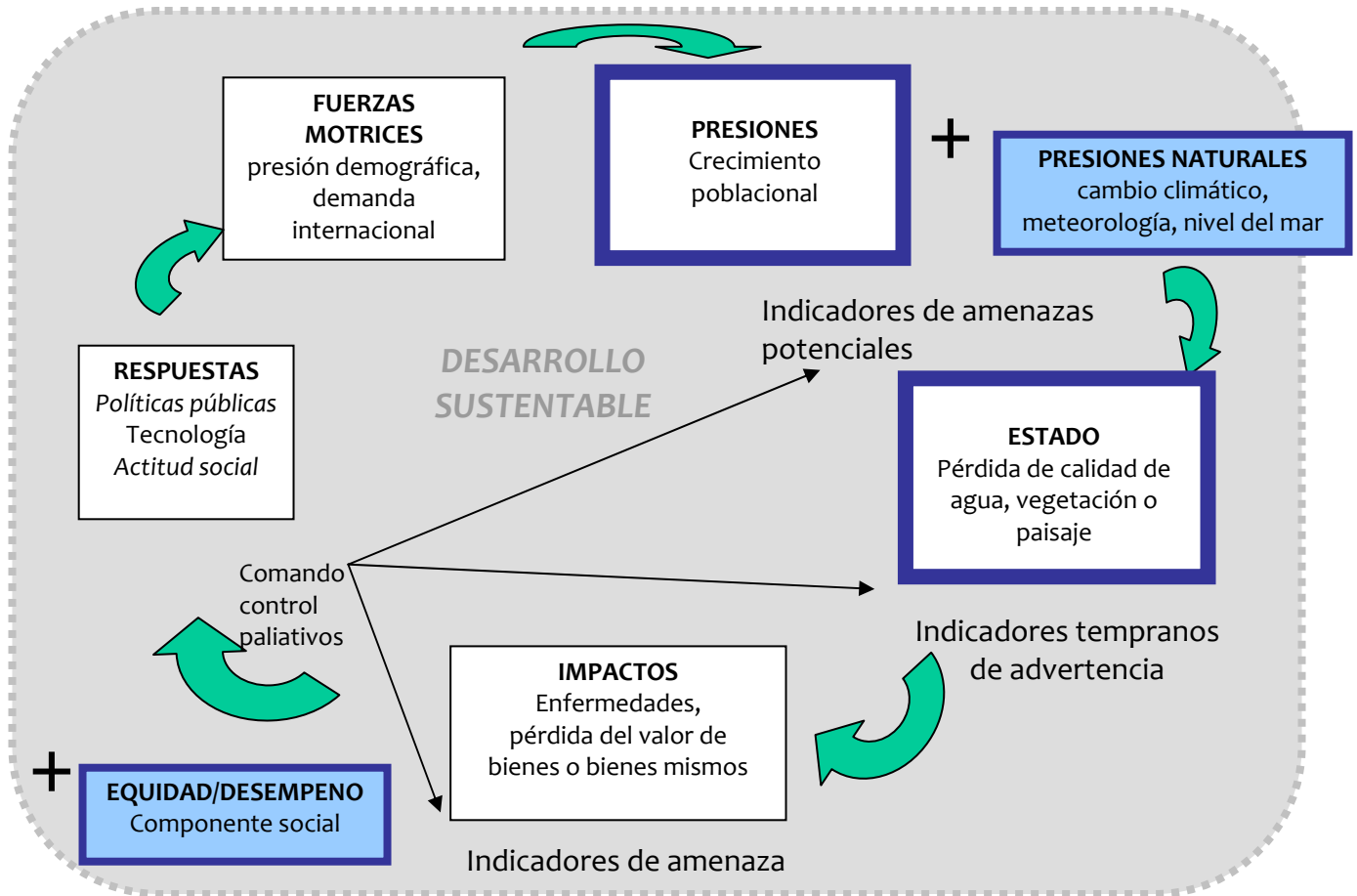


Figura 1. Marco conceptual desarrollado a partir de OCDE (1991) y Oñate et al. (2002)

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 costeros del país, definidos como municipios con frente de mar y contiene a los 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 km², que corresponde al 21% de la superficie total del país. Están listados en el Anexo o.

Según el enfoque del modelo, se usaron varias agrupaciones de municipios, paralelamente a la costa. En un primer modelo (artículo 1), se agruparon los municipios según las cinco regiones florísticas de ambientes no inundables según Moreno Casasola *et al.* (1994): Pacífico Norte, Golfo de California, Pacífico Sur, Golfo de México, y Península de Yucatán (Figura 3). En los otros modelos (artículos 2 al 4), los resultados se analizaron por los 169 municipios y/o por los 17 estados (Figura 4).

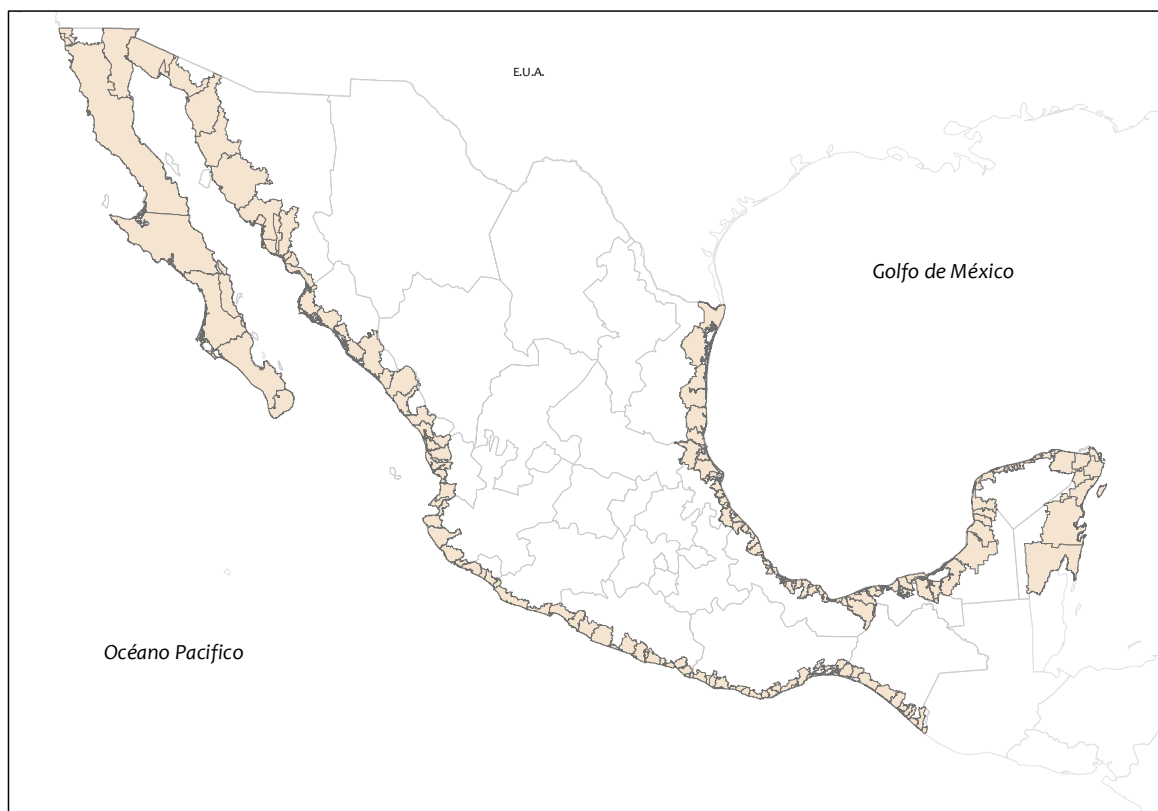


Figura 2. Municipios costeros de México.

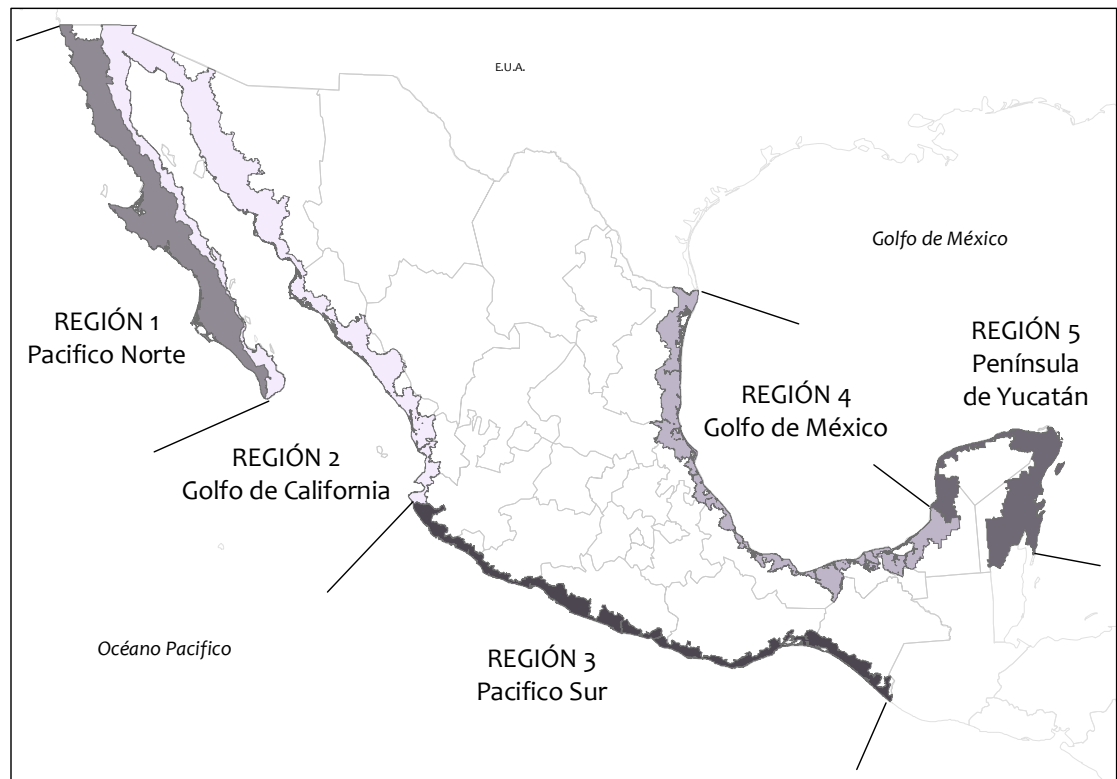


Figura 3. Municipios costeros de México agrupados por las cinco regiones florísticas de ambientes no inundables según Moreno Casasola et al. (1998).



Figura 4. Ubicación de los 169 municipios con respecto a la extensión de los 17 estados.

Objetivo general

Desarrollar una herramienta para evaluar de distintas maneras la sustentabilidad de las costas mexicanas.

Objetivos específicos

Artículo 1

1. Evaluar la relación entre el aprovechamiento de los recursos naturales y la marginación de la población de la zona costera mexicana en el espacio municipal.
2. Ejemplificar específicamente con la pérdida de vegetación de dunas y las localidades de poblaciones en una franja costera.

Artículo 2

3. Desarrollar un índice de riesgo de los estados de la costa mexicana en función de un índice de peligrosidad natural de las planicies costeras, y de un índice de vulnerabilidad costera.

Artículo 3

4. Desarrollar un modelo para evaluar la orientación costera de las costas mexicanas.

Artículo 4

5. Desarrollar un modelo para evaluar la sustentabilidad de los municipios costeros de México.

Métodos

La metodología del presente trabajo consiste en la construcción de modelos basados en la selección de indicadores que permiten estimar la situación de sustentabilidad de las costas mexicanas.

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).

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 (ver artículos para referencias en extenso):

- Datos sociales:
 - INEGI (CENSO General de Población y vivienda 2000, Conteo 2005),
 - Proyecciones de CONAPO para 2030
 - CONAPO (índice de marginación 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 diseñaron para permitir caracterizar y comparar las siguientes variables que influyen en el grado de sustentabilidad del desarrollo sustentable a lo largo de la costa:

- 1) el estado, o condición, tanto del ambiente (cobertura natural, o de dunas) como de la sociedad (densidad, calidad de vida), así como
- 2) las fuerzas, o presiones, naturales (cambio climático) como antropogénicas (proyecciones demográficas), que actúan sobre los mismos; como esquematizado en el Figura 5.

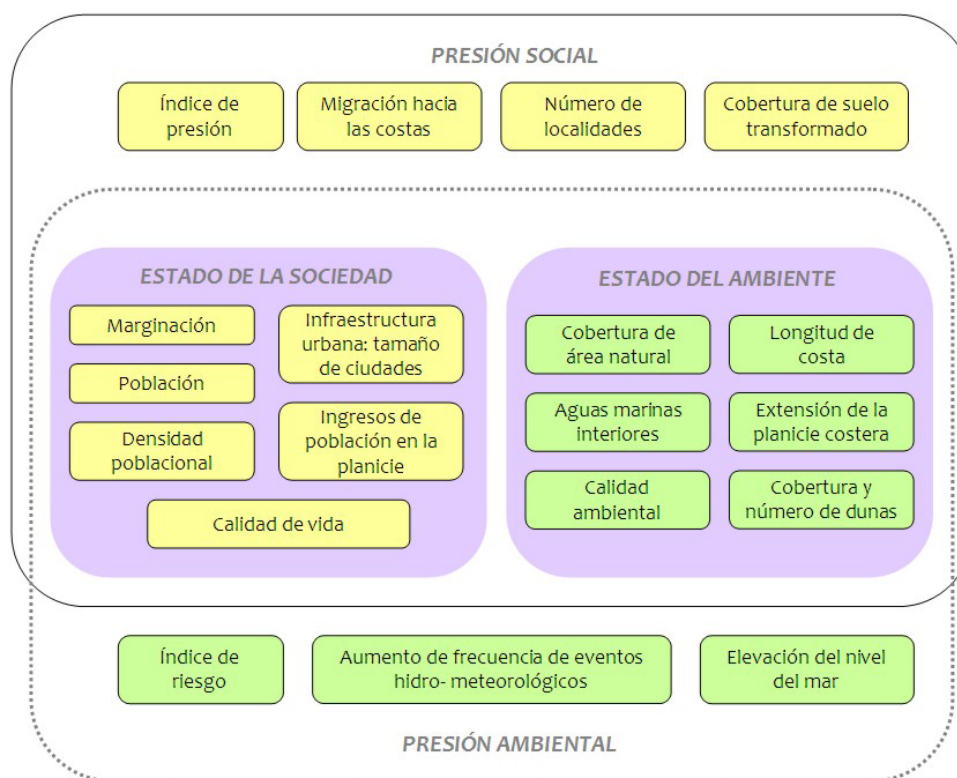


Figura 5. Representación de los indicadores en función del estado y de la presión.

El esquema metodológico consistió de tres fases (Figura 6). Se buscó primero, artículo 1, tener una caracterización general de la situación costera, por un lado en términos del estado del ambiente y por otro lado, del estado de la sociedad, a través de la evaluación de la relación entre la transformación de un recurso natural estratégico para las costas (la vegetación de dunas) y del bienestar de la población, con base en los datos censales.

En el segundo y tercer artículo, se buscó demostrar el potencial del desarrollo de modelos de multicausalidad y multiefecto para analizar toda la costa mexicana comparativamente al usar los datos censales. Dos modelos se desarrollaron; 1) un índice de riesgo costero, definido como la suma de la peligrosidad costera con la vulnerabilidad socioambiental costera, y 2) un modelo para evaluar integradamente la orientación costera de los estados, compuesto de tres componentes: física, social y económica.

Para llegar al modelo final que permite evaluar la situación de sustentabilidad de las costas mexicanas, se definió, en el cuarto artículo, la sustentabilidad como la combinación de tres subíndices, y se seleccionaron los más representativos indicadores de los tres primeros artículos: 1) la presión ejercida sobre el ambiente natural, 2) del estado del mismo (o calidad ambiental), y 3) el estado de la sociedad (concepto de índice de desempeño).

La Figura 6 resume los modelos en función de su pertenencia a los componentes ambiente, social o económica. La lista extensiva de los indicadores, subíndices e índices seleccionados en la construcción de los modelos están detallados en los Anexos.

La compilación, georeferenciación, homogeneización, integración de datos y el manejo de la información cartográfica, así como la creación de nueva información a partir de las primeras, tanto tabular como cartográficamente, fueron realizadas a través de un sistema de información geográfica que permitió el cálculo de superficies, longitudes, y demás análisis espaciales.

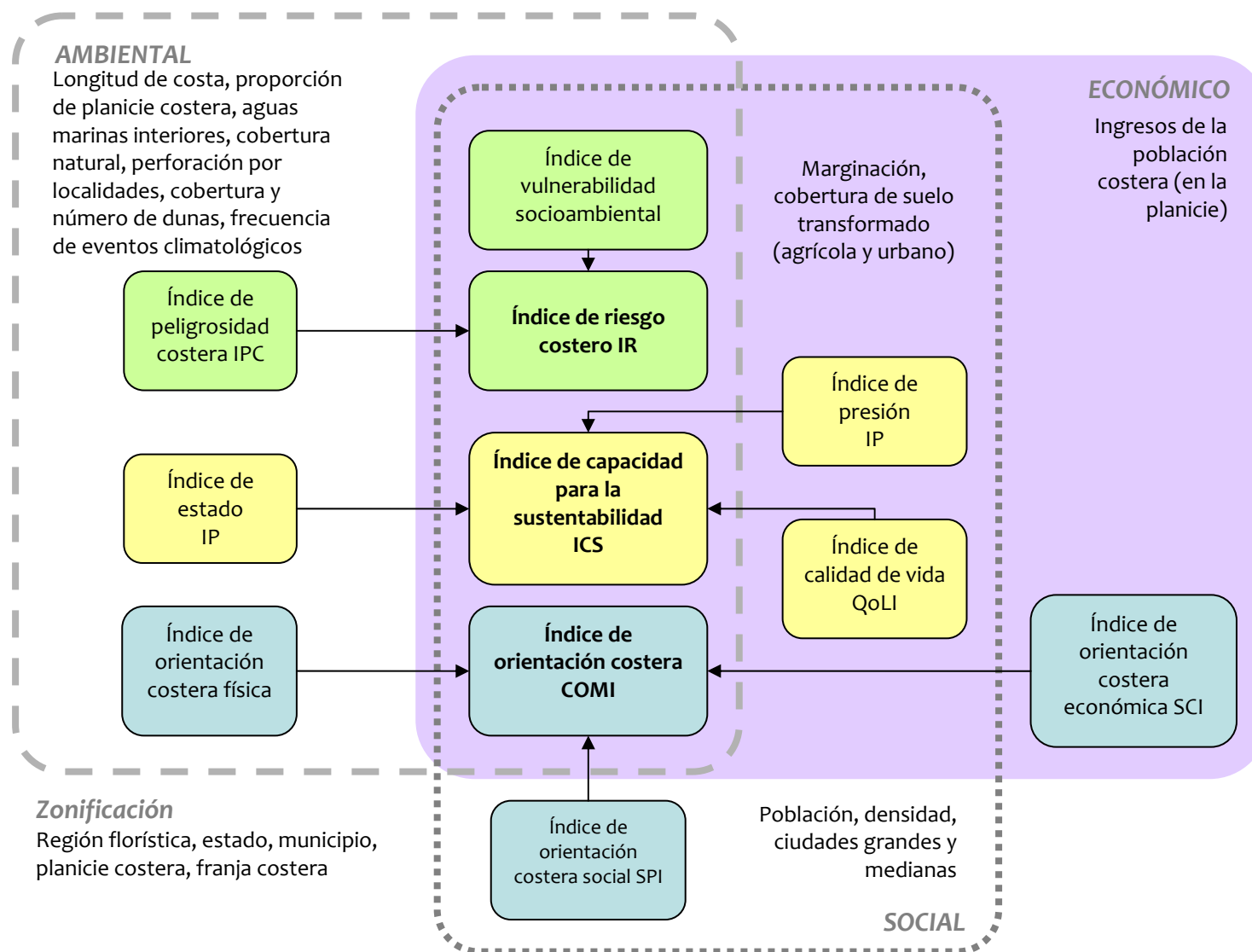


Figura 6. Ubicación de los modelos con respecto a la componente ambiental, social y económica.

La extensión espacial de las unidades de medición tuvo varias definiciones espaciales, para comparar resultados y evaluar su relevancia. Se consideraron tres límites perpendiculares a la costa: las regiones florísticas de ambientes no inundables (Moreno Casasola, *et al.*, 1994), la planicie costera y una franja de 2km. Paralelamente a la costa, se consideraron tres espacios diferentes incluidos los unos en los otros: 1) el municipio costero en su entidad, 2) la planicie costera, definida como el territorio entre el nivel del mar y la curva de los 200 metros de altitud (ver su extensión en los anexos), y 3) la franja costera definida como una zona delimitada por una distancia de dos kilómetros (Figura 7).

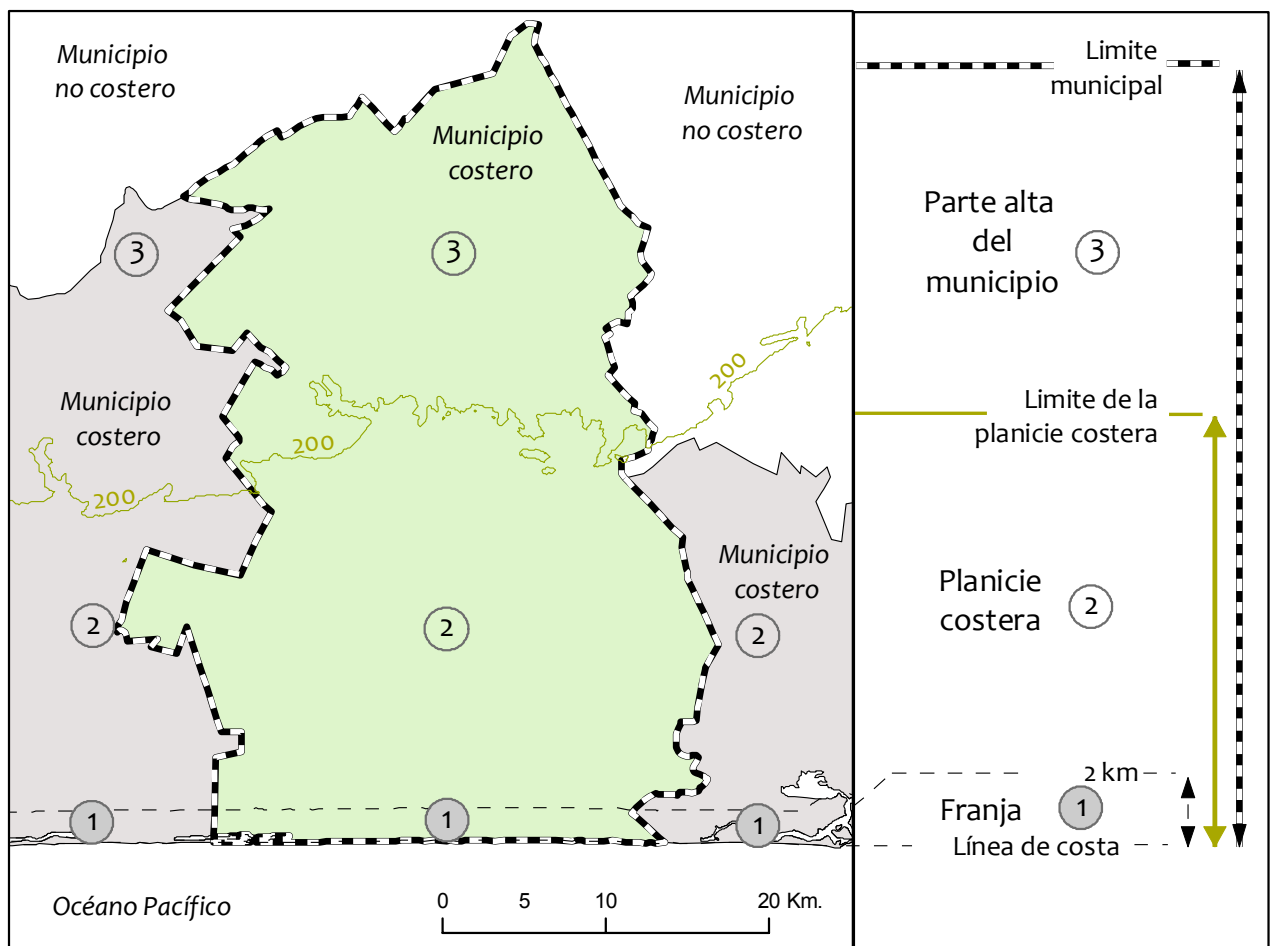


Figura 7. Ilustración de los conceptos territoriales asociados a la zona costera y a los municipios costeros: 1) franja costera, 2) planicie costera, y 3) parte alta del municipio. Ejemplo del municipio de Mapastepec, Chiapas.

Resultados

Artículo 1

Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana

Publicado: Seingier, G., Espejel, I. y J.L. Ferman. (2009). Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. Investigación ambiental. Ciencia y política pública. [Online] 1:1.

Artículo 2

Riesgo en la franja costera municipal.

Enviado a: Rivera Arriaga E., G. Villalobos, Alpuche, L., Azuz y A. Ortega (eds). El Cambio Climático en México: un enfoque costero-marino. Sección 3. Habitantes y patrimonio. Parte I: Poblaciones costeras, vulnerabilidad regional y local.

Artículo 3

Diseño de un índice integral de evaluación de orientación costera municipal. Análisis comparativo de los municipios mexicanos.

Para ser enviado a la revista *Ecological Indicators*

Artículo 4

Costas mexicanas: medio-camino hacia la sustentabilidad.

Para ser enviado a la revista *Ocean and Coastal management*

A continuación se presentan los cuatro artículos, en el formato en el cual fueron publicados o serán enviados a las revistas correspondientes.

Artículo 1

Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana

Publicado en la revista

Investigación ambiental

Información bibliográfica

Seingier, G., Espejel, I. and Ferman, J.L. (2009). Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. *Investigación ambiental. Ciencia y política pública*. [Online] 1:1 .

Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana

Georges Seingier,¹ Ileana Espejel² y José Luis Fermán Almada¹

Resumen

La pérdida de cobertura vegetal y la marginación de la población son algunos de los indicadores para medir el desarrollo sustentable de una región. En este artículo se agrupan los municipios costeros del país en las cinco regiones florísticas de ambientes no inundables, se compara la proporción de vegetación natural con respecto a la transformada (inventarios forestales de INEGI 1970 y 2000) y se relaciona con los índices de marginación municipal y de localidades. Se seleccionó una porción costera de los municipios para comparar los ambientes más costeros con el municipio completo y se seleccionó la vegetación de dunas como un ejemplo de la pérdida de un tipo de vegetación costera particular. En 24 años se perdió el 9.3 % de la vegetación natural en los municipios costeros, el 7.1% de la misma en una franja costera de 2 km de ancho y el 14% de dunas costeras del país. El Golfo de México y el Pacífico son las regiones que perdieron más vegetación natural y son también las regiones que tienen los índices más altos de marginación de la costa mexicana. El Caribe perdió más vegetación de dunas. De estas dos regiones es posible obtener lecciones para no repetir el tipo de desarrollo costero que pierde naturalidad y no mejora las condiciones sociales de sus habitantes.

Palabras clave

Vegetación costera, dunas costeras, transformación costera, marginalidad costera, desarrollo sustentable.

Abstract

Natural vegetation loss and population marginality (poverty) are some of the indicators used to measure a region's sustainable development. In this paper, Mexico's coastal municipalities are grouped in five floristic coastal regions in which natural vegetation proportion is differentiated from transformed coverage (national forestry inventories of 1970 and 2000) and is compared to local marginality indices. The analysis was undertaken for a coastal fringe, to enable a comparison between the whole five regions and their more coastal environment, and coastal dune vegetation was selected as an example of a particular coastal vegetation type loss. In 24 years, 9.3% of the natural vegetation was lost in the coastal municipalities, 7.1% in the two kilometers coastal fringe, and 14% of the coastal dunes also disappeared. Gulf of Mexico and Pacific are the regions that lost more natural vegetation, and are also the Mexican coastal regions where higher levels of marginality are to be found. From these two regions, it is possible to learn lessons in the hope of not repeating in other regions the coastal development model that loses naturalness but does not better the social condition of its population.

Keywords

Coastal vegetation, coastal dunes, coastal transformation, coastal marginality, sustainable development.

¹ Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Carr. Tijuana Ensenada km 103 Ensenada, B.C. georges@uabc.mx.

² Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. Carr. Tijuana Ensenada km 103 Ensenada, B.C. ileana@uabc.mx.

Recibido: 29 de septiembre de 2008

Aceptado: 15 de enero de 2009

INTRODUCCIÓN

Los cambios de cobertura vegetal y uso del suelo son analizados como parte de los estudios relacionados con la deforestación, para pronosticar erosión de los suelos, estimar reservas de recursos hidrológicos, forestales, pérdida de hábitat y hasta cambio climático. La pérdida de cobertura vegetal natural tiene implicaciones con la vulnerabilidad a desastres. En la zona costera, la vulnerabilidad aumenta cuando un sitio es naturalmente peligroso y se modifica para instalar infraestructura urbana poniendo en riesgo a la población que lo habita.

Se reconoce que el desarrollo de la zona costera necesariamente implica la transformación de la cobertura natural, sin embargo, tiene diferente costo perder un tipo de vegetación que otro porque, además de la pérdida de biodiversidad asociada, en algunos casos, perder vegetación pone en mayor riesgo a los habitantes de la costa. Por ejemplo, aumenta el riesgo de inundaciones, disminuyen los mantos acuíferos, se erosionan las playas, etc.

La zona costera es un modelo representativo de una situación donde el aumento del riesgo va a la par del desarrollo urbano con la remoción de la cobertura vegetal. Un ecosistema clave de la zona costera es el de dunas, caracterizado por un conjunto de especies fijadoras de arena que permiten la formación de una estructura sólida pero blanda que contrarresta los embates del viento y de las inundaciones. El problema de la remoción de dunas resulta en la desaparición del servicio ambiental de protección de la costa.

Los esfuerzos de análisis de cambios de uso de suelo y vegetación a escala nacional son diversos, pero coinciden en que uno de los problemas para el análisis es la compatibilidad entre las categorías del uso de suelo y cubierta natural utilizadas en los diferentes estudios (Mas *et al.*, 2002) y radica en enfrentarse a bases de datos donde la vegetación está clasificada de diferentes maneras. Los esfuerzos nacionales más importantes, encabezados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) corresponden a la cartografía de uso de suelo y vegetación a nivel nacional y a mesoescala: la cartografía "Serie I" y "Serie II" y a los inventarios nacionales forestales 1994 y 2000 (SEMARNATa, 1968, SEMARNATb, 1993, SEMARNATc, 1994 y SEMARNATd, 2000). Sus enfoques tienden a diferenciar, a manera de inventario, los tipos de vegetación presentes en el territorio nacional. En el primer inventario (Serie I), tiene una fecha promedio de 1976 (Mas *et al.*, 2002), la Serie II es de 1994

y considera 29 tipos de vegetación derivados de la FAO (Velásquez, 2002) y el Inventario Nacional Forestal 2000 considera 75 tipos de vegetación (Palacio *et al.* 2000).

Al emplear los modelos de evaluación de desarrollo sustentable en la zona costera, la cobertura vegetal ha sido utilizada como un indicador importante para estimar el grado de transformación de una región (López, *et al.*, 2001, Espejel, *et al.*, 2004a, entre muchos otros). Por un lado, es indicador del estado del ambiente, es decir, se refiere al porcentaje de cobertura natural comparada con la superficie de vegetación alterada y por otro lado, si es posible diferenciar el tipo y calidad de la vegetación (de matorral, de manglar, etc.), la proporción de vegetación secundaria, se utiliza como un indicador de presión. Asimismo, para medir el desarrollo sustentable con indicadores de presión y estado integradamente, se suman los datos de cambio de uso de suelo con datos de infraestructura, como son proporción de carreteras, número y tamaño de poblados y de parcelas agrícolas y acuícolas, etc.¹

Cuando hay referencias de vegetación y de población multitemporales disponibles, los datos similares son comparables en el tiempo y entonces es posible integrar ambos al análisis del cambio de uso de suelo, elemento muy valioso en el estudio de la calidad del medio ambiente y de vida de la población. Resaltan dos aspectos importantes: el tipo de cambio, es decir, de qué tipo a qué otro tipo de cobertura vegetal o uso cambió, y la rapidez de cambio, asimismo la cantidad de cobertura que cambió en cierto tiempo. Además, la dinámica cambia de un lugar a otro y se pueden medir atributos del paisaje como el aumento de las perforaciones y la fragmentación, parámetros de suma importancia para la conservación de la naturaleza.

LOS MUNICIPIOS COSTEROS Y SU POBLACIÓN

México cuenta con 2451 municipios que integran las 32 entidades federativas de la República Mexicana (INEGI, 2005) de los cuales el 6.6% de los municipios tienen frente de mar o están colindantes a un cuerpo de agua costero. En el presente estudio se analiza el conjunto de los 169 municipios costeros identificados por nosotros en los 17 estados costeros de la República. Los 150

1 Consultar ordenamientos ecológicos del país en www.semarnat.gob.mx.

municipios con frente de mar y los 19 municipios colindantes a una laguna, canal o río con influencia marina directa, representan una superficie total de 416,465 km², que corresponde al 21% de la superficie total del país. El censo de población de 2000 reflejó que entonces había 97.5 millones de habitantes en el país, de los cuales 15,581,347, 16% de la población total mexicana vivían en 39,364 localidades de los municipios costeros (CONAPO, 2000).

Gutiérrez de MacGregor y González Sánchez (1999) analizan el crecimiento urbano registrado en las costas mexicanas en el periodo 1900-1995, en el cual los movimientos migratorios internos juegan un papel destacado en la distribución espacial de la población urbana actual. La rapidez de crecimiento de la población urbana en las costas ha sido mayor que la total urbana del país, lo que indica la atracción que han sentido los migrantes por las costas. Aunque no todas las 27 ciudades muy grandes y grandes (según estos autores, son de 500 mil a menos de un millón y 100 mil a menos 500 mil habitantes, respectivamente) que estos autores mencionan están en la costa con frente de mar,² en efecto, ejercen una presión sobre el territorio costero al aumentar la demanda por casas de veraneo, áreas de recreación en playas o, si son industriales o fronterizas, los puertos juegan un papel importante en el crecimiento poblacional. Quizás, para relacionar el impacto del crecimiento urbano sobre la vegetación costera, sea mejor mencionar el crecimiento urbano de las ciudades pequeñas y muy pequeñas (15 mil a menos de 50 mil y 10 mil a menos de 15 mil habitantes, respectivamente) que es extraordinario: según estos autores, en 1900 se registraron tan sólo nueve localidades de ambos tipos con una población total de 166,915 habitantes y en 1995 ya había 134 ciudades pequeñas y muy pequeñas donde habitaban 2,583,782 habitantes. Entre 1970 y 1995 más o menos se duplicó tanto la población como el número de ciudades muy pequeñas y pequeñas según los datos del INEGI que utilizan estos autores.

2 Estrictamente con frente de mar están: Acapulco, Tampico, Coatzacoalcos, Veracruz, Mazatlán, Ensenada, Guaymas, La Paz, Puerto Vallarta, San Luis Río Colorado, Cancún, Poza Rica, Campeche, Chetumal y Ciudad del Carmen. Las siguientes están cerca del mar o sólo una colonia o sección frente de mar: Tijuana, Culiacán, Mexicali, Mérida, Ciudad Obregón, Los Mochis, Tapachula, Matamoros, Reynosa, Villahermosa, Nuevo Laredo y Ciudad Valles.

Cobra importancia trabajar la zona costera porque sus pobladores serán afectados por eventos de cambio climático, tanto por el elevamiento del nivel del mar como por el cambio en el aporte sedimentario de la zona terrestre (que es uno de los principales aportes de material para la formación de playas y dunas), además de los impactos que se viven por los cambios en la intensidad de eventos meteorológicos extraordinarios en ciudades que se construyen sobre las dunas o en los arroyos que desembocan al mar (UNFCCC, 2008).

El desarrollo de las costas podría justificar la disminución de la cobertura natural si aumentaran los beneficios sociales de la población, que pueden ser medidos a través de dimensiones e indicadores de rezago en: educación, salud, vivienda, ingresos monetarios, distribución de población y/o género. En México, se han utilizados métodos de cuantificación socio espacial como el índice de marginación o el índice de desarrollo humano, a diferentes niveles de localidad o de municipio para diferentes fechas (Sánchez Almanza, 2000).

La hipótesis de este trabajo es que la pérdida de vegetación costera en aras del desarrollo no ha disminuido la marginación de la población que habita las costas mexicanas. Para probar esto, se documentó la pérdida de cobertura de vegetación natural en los municipios costeros, en una franja de 2 km de esos municipios y se cuantificó la pérdida de un tipo de la vegetación importante en la protección costera: las dunas costeras. Los resultados de la pérdida de cobertura natural y de vegetación de dunas se relacionaron con la marginación de los municipios y las localidades costeras, agrupándolos en cinco regiones florísticas que coinciden con los principales mares mexicanos.

METODOLOGÍA

Los municipios identificados con frente de mar o cuerpo de agua costera se agruparon según las regiones florísticas de ambientes no inundables según Moreno Casasola *et al.*, 1994.

Para contabilizar la superficie de vegetación costera en los municipios costeros se consultaron las bases de datos oficiales de los censos y los inventarios forestales nacionales:

1. Serie 1 de INEGI (datos de 1970) producidos por el Instituto de Geografía de la UNAM y SEMARNAT, INEGI e IGg(UNAM)a.

2. Inventario Nacional Forestal 2000 elaborado por la SEMARNAT (datos de 1999 y 2000) publicado en 2002.

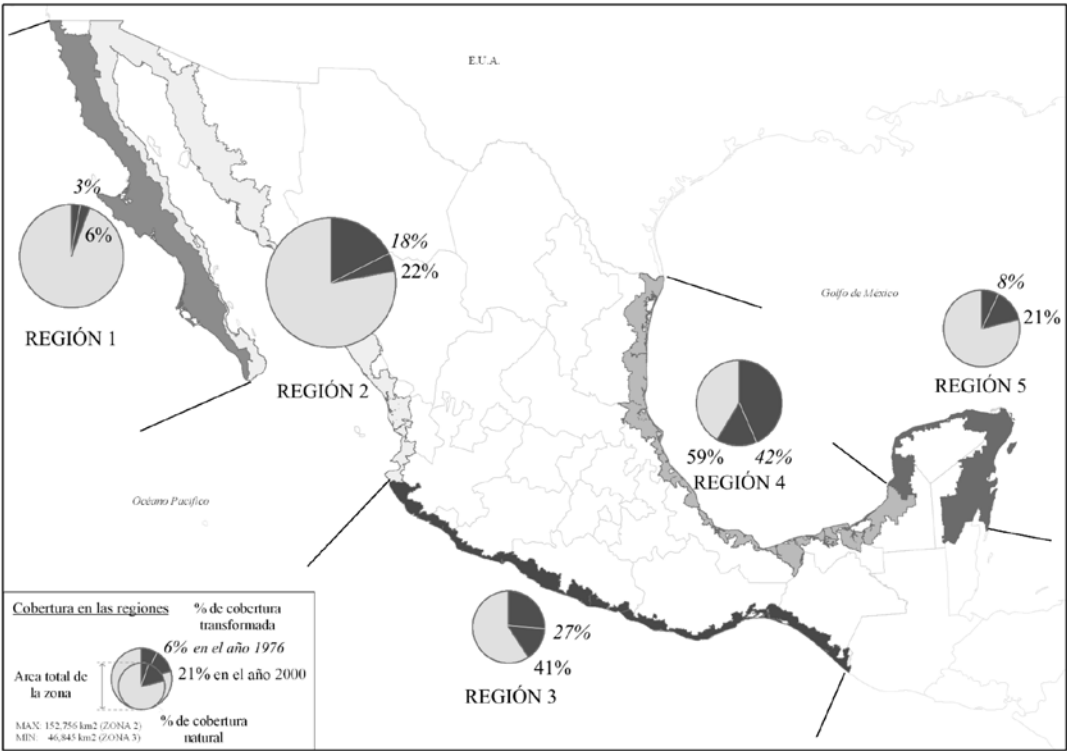
Los datos de población fueron obtenidos de los censos de INEGI (1970 y 2000) y el de marginación por localidad de CONAPO (2000). El análisis se hizo a tres niveles:

- A. Como una primera aproximación, se utilizó la superficie de las 169 entidades municipales costeras identificadas por nosotros para relacionar el cambio de uso natural y transformado con el crecimiento de la población entre el periodo de 1970 a 2000 y con el promedio de la marginación del conjunto de los municipios de cada región (Fig. 1).
- B. Posteriormente, se trabajó con la porción más costera de los municipios para lo cual se trazó una franja de 2 km de la línea de costa hacia tierra adentro y en esta superficie se hicieron los cálculos para relacionar con los datos de las localidades (recuadro de la Fig.

- 2) y con el promedio de la marginación de todas las localidades que aparecen en cada región.
- C. Para definir la vegetación de dunas costeras se revisaron cada uno de los polígonos de ambos inventarios y se reclasificaron los categorizados como dunas costeras, sin vegetación aparente, pastizales, palmares y otros, corrigiendo su superficie o su etiqueta. Una de las correcciones más comunes que se realizaron fue la delimitación, ya que la del inventario 2000 es más fina (con más sinuosidades) que la de 1976 y a la resolución de los mapas, cada sinuosidad puede sumar varios kilómetros cuadrados. La cobertura de dunas se relacionó con el número de localidades que las perforan o fragmentan (Fig. 5).

Los tipos de vegetación se agruparon en dos grandes categorías: 1) *natural* que considera todos los tipos presentes, incluida la no costera, incorporándose también las áreas sin vegetación aparente, ya que, aunque pueden ser terrenos de cultivo abandonados, salitres, humedales y vegetación de dunas y playas y 2) *trans-*

Figura 1. Municipios costeros de México agrupados por zonas. En las gráficas se muestra la proporción de vegetación natural y transformada en relación con la superficie total por zona



LAS REGIONES COSTERAS DE MÉXICO

La región 1 o Pacífico Norte, cubre casi la cuarta parte del litoral nacional y básicamente corresponde al litoral noroeste de la península de Baja California, es la segunda región más grande en parte por la curvilínea que marcan Bahía Vizcaíno y Magdalena. Tiene una proporción pequeña de suelo transformado, sólo 5596 km² de los casi 100,000 km² de toda la región. Por su aridez tiene una densidad poblacional muy baja (17.9 hab/km²) pero un crecimiento poblacional extraordinario (233%) aunque con una escasa superficie con uso de suelo transformado que se concentra al norte de la región, en especial, en el municipio de Tijuana, Rosarito y el centro de población de Ensenada. El polo de desarrollo de Los Cabos, al sur de la región, se consideró dentro de la región 2, pero será importante en el futuro porque este desarrollo urbano turístico se está expandiendo tanto hacia el Golfo de California, hacia La Paz como hacia Todos Santos en el Pacífico, sin embargo, para el censo del año 2000 el crecimiento urbano todavía no aparece como un importante transformador del área municipal.

La región 2 alrededor del Golfo de California es la más grande, ocupa un poco más de la tercera parte de la superficie municipal costera nacional. Casi una cuarta parte de la región está transformada, aunque su densidad poblacional es muy baja (35 hab/km²). Es una región heterogénea en términos de población ya que está más poblada en su porción continental que en la peninsular. La ciudad más grande es Mexicali, en Baja California, la cual no tiene frente de mar, de ahí que sus principales actividades económicas no dependan de esta condición espacial. En general son otras ciudades (como San Luis Río Colorado, Guaymas, Ciudad Obregón, Los Mochis, La Paz, Cabo San Lucas) las que tienen orientación costera, básicamente por las actividades de pesca, acuacultura y turismo. El incremento poblacional de la región es muy alto en los últimos años (87%) y ha causado que 21% de territorio haya tenido un cambio de uso de suelo, el cual casi se concentra, hasta el año 2000, en las costas de la porción continental y en la punta de la península, especialmente en la zona de Los Cabos. En esta región florística se incluye Puerto Vallarta, porque Nayarit y el norte de Jalisco son una zona de

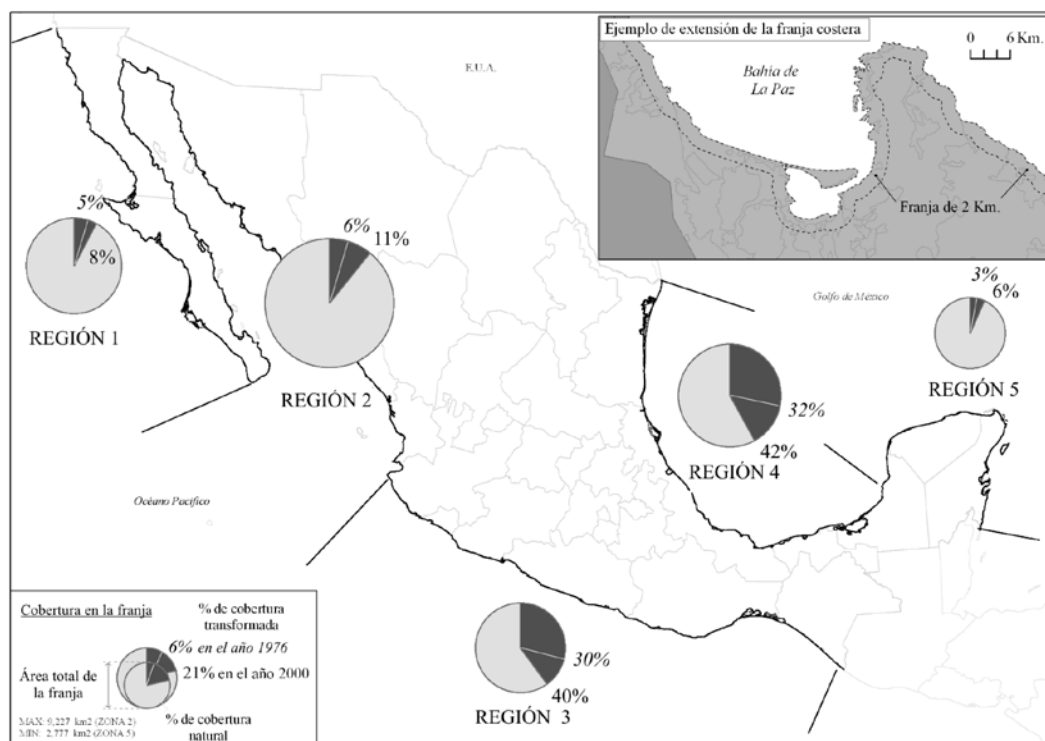
transición entre ambientes áridos y tropicales húmedos. Sin embargo, económicamente, Esta población debería considerarse en la región 3.

La Región 3 o Pacífico Sur comprende la tercera parte y mayor proporción de municipios costeros del país (33%) y aproximadamente la mitad de la superficie municipal está transformada (48%). Después de la región del Pacífico Norte, ésta presenta el mayor porcentaje de crecimiento (133%) en 30 años y que ha sido explicado extensamente por el uso turístico de la conocida Riviera Mexicana (Sánchez Crispín y Propin Frijomil, 1999; Padilla y Sotelo, 2001 y Juárez Gutiérrez y Sánchez Suarez, 2003) donde Acapulco, la ciudad más grande (Bringas, 1999) juega un papel importante, así como otras ciudades (Mazatlán y Tapachula) que han aumentado casi 50% la superficie con uso de suelo transformado.

La Región 4 o Golfo de México ocupa el tercer lugar en tamaño, en parte porque su costa es muy sinuosa y es, de todas las regiones, la que tiene más proporción de suelo transformado, más de la mitad (59%). Junto con la región costera del Pacífico Sur tienen casi el 60% de los municipios costeros del país porque también tienen las mayores densidades poblacionales de la costa. Esto se debe básicamente a su historia representada en la ciudad más grande: Veracruz, y a la presencia de varias ciudades-puertos industriales como Tampico, Poza Rica y Coatzacoalcos. En los 30 años que cubre el periodo analizado, los municipios costeros del Golfo de México han crecido 67% y su superficie transformada aumentó casi 40%, siendo la región con más proporción de territorio transformado del país.

La Región 5 o Península de Yucatán ocupa la menor superficie de México (12.8%), tiene una porción natural considerable y una de las densidades poblacionales más bajas, pero básicamente concentrada en la ciudad más grande, Cancún, cuyo municipio tiene la tasa de crecimiento más alta del país (CONAPO, 2000). Por esta razón muestra el porcentaje de cambio más alto de superficie transformada (172%), aunque su población superó la duplicación, como región no es la de mayor crecimiento en 30 años.

Figura 2. Franja de dos kilómetros de los municipios costeros agrupados por las regiones florísticas de ambientes no inundables de México. En las gráficas se muestra la proporción de vegetación natural y transformada en relación con la superficie total de la franja de cada región en dos años: 1976 y 2000



formado, el cual incorpora el uso agropecuario, los asentamientos humanos y los palmares (a excepción de algunos matorrales de dunas, especialmente en la península de Yucatán que son palmares de especies no cultivadas de los géneros *Thrinax*, *Coccothrinax* y *Pseudophoenix*, entre otras menos abundantes). La vegetación de dunas está conformada básicamente por matorrales sobre dunas costeras, no se consideraron matorrales xerófitos ni desérticos porque éstos pueden extenderse varios kilómetros tierra adentro y no son exactamente costeros, tampoco considera selvas bajas, que en algunas ocasiones se encuentran posteriores a las playas como sucede con los manglares y otros humedales.

LAS REGIONES COSTERAS, ANÁLISIS MUNICIPAL

La idea de agrupar los 169 municipios costeros en las cinco regiones florísticas definidas para la vegetación de ambientes no inundables (Moreno Casasola *et al.* 1998) es porque estas regiones son consistentes con los sistemas y subsistemas de la regionalización de los mares de México (Espejel y Bermúdez 2009) inmersa en la lógica

propuesta por el Instituto Nacional de Ecología (INE) (Córdova *et al.*, 2006 y 2009) para el ordenamiento marino y costero del país. Asimismo, será útil para dar seguimiento a la aplicación de la recién estrenada política de mares y costas (Diario Oficial de la Federación 2008) de manera coincidente con los ordenamientos marinos y costeros del país. En la Fig. 1 se muestran las regiones florísticas y la agrupación de municipios costeros que las componen (en la Tabla 1 y el recuadro se proporcionan las cifras que los describen).

En total en el país, se encontró que la vegetación natural de los 169 municipios costeros en 24 años disminuyó 31,656 km² (Tabla 2) lo que corresponde al 9.3% de la vegetación natural que había en 1976 (Fig. 1).

En este mismo periodo, los municipios costeros del Golfo de México y del Pacífico Sur fueron los que más perdieron vegetación natural (28.4 y 18.2%, respectivamente, Tabla 2) y en ambos conjuntos de municipios costeros, casi se duplicó el porcentaje de suelo transformado (48 y 46%, respectivamente).

Es interesante observar las diferencias entre la pérdida de vegetación natural de la superficie municipal

Tabla 1. Caracterización de las regiones florísticas de ambientes no inundables de México. *Los municipios de la península de Baja California tienen costa en dos regiones, los porcentajes del análisis en el texto se hacen con los 169 municipios costeros

Región	Tipología	Número de municipios por región	Municipio			Franja			Nombre de la localidad más grande de la región (2000)*
			Superficie total (km ²) de cada región	Población 2000 en los municipios de las regiones	Densidad poblacional (habitantes en el 2000 por km ²)	Superficie total (km ²) de cada región	Población 2000 en la franja de 2 km	Densidad poblacional (habitantes en el 2000 por km ²)	
1	Pacífico Norte	8	97,503	1,746,770	189	5,067	311,137	61	Tijuana*
2	Golfo de California	40	152,756	5,396,577	35	9,227	1,070,297	116	Mexicali**
3	Pacífico Sur	56	46,845	2,916,674	62	4,491	1,162,550	259	Acapulco
4	Golfo de México	47	66,155	4,195,940	63	5,857	1,369,102	234	Veracruz
Total		175*	416,464	15,568,228	38	27,419	4,867,277	178	

* Aunque no esté en la franja de 2 km.

** Los municipios de la península de Baja California tienen costa en dos regiones, los porcentajes del análisis en el texto se hacen con los 169 municipios costeros.

Tabla 2. Comparación del cambio poblacional (1970/2000) y cambio de uso de suelo (1976/2000) en los municipios costeros de las regiones florísticas costeras.

Región	Población total por región		Crecimiento poblacional *	Suelo transformado por región (km ²) transformado**		Crecimiento del suelo transformado*
	1970	2000		1976	2000	
1	524,762	1,746,770	233 %	3,836	5,596	46 %
2	2,887,601	5,396,577	87 %	27,842	33,573	21 %
3	1,252,388	2,916,674	133 %	12,847	19,061	48 %
4	2,513,284	4,195,940	67 %	27,924	38,795	39 %
5	803,525	1,312,267	63 %	4,119	11,198	172 %
Total	7,981,560	15,568,228	95 %	76,568	108,224	41 %

* Porcentaje con respecto al número de habitantes en 1970.

** Porcentaje con respecto al área transformada en 1976.

de las cinco regiones (Fig. 1). El Golfo de México, el Pacífico Sur y el Caribe, regiones 4, 3 y 5, aumentaron su superficie transformada en 14, 17 y 13%, respectivamente; mientras que las regiones 1 y 2 sólo observaron un 3 y 4%, respectivamente. Sin embargo, el Golfo de California y el Caribe aumentaron su superficie transformada a 22 y 21%, respectivamente después de 1976, mientras que el Pacífico Norte sólo creció 6%. El

Golfo de México creció por el apoyo a la urbanización con puertos e industria (Beltrán *et al.*, 2005) y es hasta más recientemente que el suelo se está transformando por el uso urbano turístico de gran escala (Martínez *et al.*, 2006). El crecimiento de uso de suelo transformado del Pacífico Sur puede atribuirse básicamente al desarrollo turístico de la Riviera mexicana, dejando a la región como la segunda con más superficie perdida de

Figura 3. Ejemplo de pérdida de vegetación de dunas costeras por desarrollos turísticos en Cancún, Quintana Roo (zona 5). Una de las causas principales para que los efectos de huracanes sean ahora más desastrosos

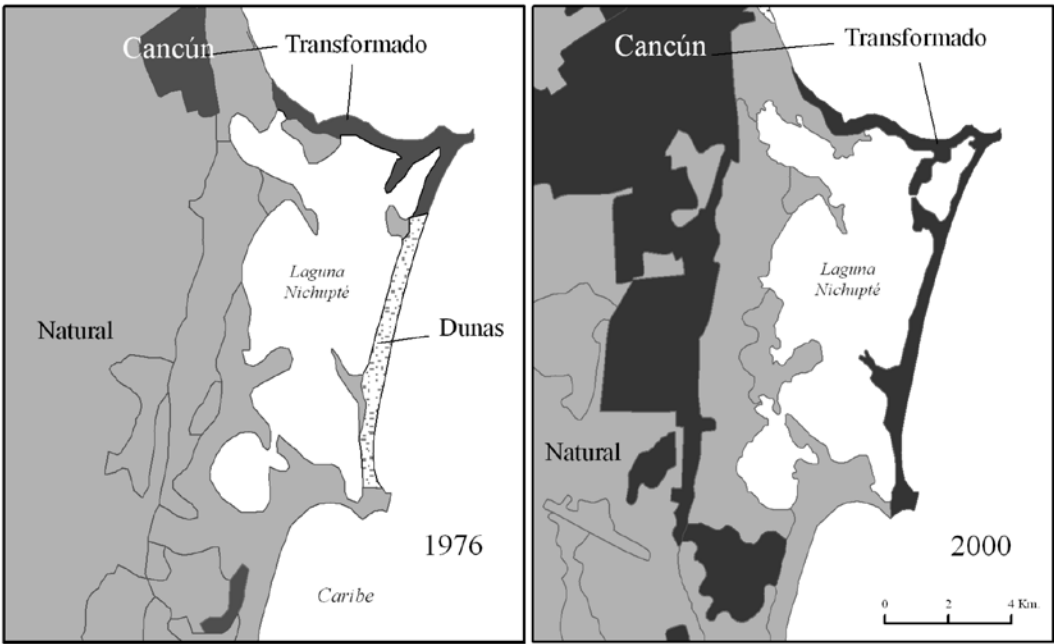


Tabla 3. Porcentaje de vegetación natural que se perdió en los municipios costeros y en la franja costera de 2 km entre 1976 y 2000 de México

Regiones	Superficie municipal			Superficie de la franja de 2 km		
	Cobertura natural en 1976 (km ²)	Cobertura natural en 2000 (km ²)	% de pérdida de cobertura natural	Cobertura natural en 1976 (km ²)	Cobertura natural en 2000 (km ²)	% de pérdida de cobertura natural
1	93,668	91,907	1.9	4,796	4,679	2.4
2	124,914	119,183	4.6	8,634	8,234	4.6
3	33,999	27,784	18.3	3,129	2,699	13.7
4	38,230	27,360	28.4	4,007	3,399	15.2
5	49,086	42,007	14.4	2,692	2,598	3.5
	339,897	308,241	9.3	23,257	21,609	7.1

vegetación natural (Tabla 2). Las diferencias entre el crecimiento de suelo transformado en las regiones 2 y 5 se explican porque antes de 1976 la porción continental del Golfo de California, había crecido por la agricultura de riego, pero al salinizarse los suelos, los cultivos se abandonaron (Moreno, 2006) y en el Caribe, todo depende de Cancún, que en 1976 apenas se estaba construyendo y empezando a poblarse.

La franja costera

En la franja de 2 km (Fig. 2 y Tabla 3) se encontró que la vegetación natural en 24 años disminuyó 1649 km² que corresponde al 7.1% de la vegetación natural que había en 1976.

El Pacífico Norte, el Caribe y el Golfo de California son las regiones con más vegetación natural del país hasta el 2000 y son también, hasta ese año, las regio-

Tabla 4. Pérdida de cobertura de vegetación de dunas en la franja de 2 kilómetros. Número de especies tomado de Moreno-Casasola *et al.* (1998)

Región	Superficie de la franja (km ²)	km ² de dunas 1976	km ² de dunas 2000	Pérdida de vegetación de dunas (%)	Proporción de la franja de cada región con DUNAS en 1976 (% de la franja)	Proporción de la franja de cada región con DUNAS en 2000 (% de la franja)	Número de polígonos de dunas en la franja en 1976	Número de polígonos de dunas en la franja EN 2000	Pérdida o fragmentación	Riqueza florística. (Número de especies)
1	5,067	546	521	4.6	10.8	10.3	61	43	18	566
2	9,227	394	338	14.2	4.3	3.7	68	37	31	235
3	4,491	307	249	18.9	6.8	5.5	60	43	17	555
4	5,857	426	349	18.1	7.3	6.0	52	38	14	427
5	2,777	155	111	28.4	5.6	4.0	22	25	-3	456
Total	27,419	1,828	1,569	14.2	6.7	5.7	263	186	77	1638

nes con menor aumento de suelo transformado. Esto es en parte por la aridez de las regiones 1 y 2 donde no se habían desarrollado proyectos turísticos ni industriales costeros y en el Caribe, porque se había concentrado el desarrollo en la sección norte. Es de esperarse que con los nuevos proyectos de desarrollo turístico aumente la proporción de suelo transformado y por ende la pérdida de vegetación natural de las regiones, especialmente en el Pacífico Norte, en la zona sur como expansión de Los Cabos y en el norte con el nuevo puerto y ciudad de Colón; en el Golfo de California, con la expansión de Los Cabos hacia La Paz, los proyectos de Loreto y Puerto Peñasco, entre otros; en el Caribe el crecimiento de la actividad turística en la Riviera Maya y las zonas turísticas habitacionales proyectadas para Campeche y Yucatán³.

Las regiones que perdieron más superficie natural en la franja costera fueron el Golfo de México y el Pacífico Sur. En el primero por el uso ganadero e industrial/urbano, en el segundo por el uso turístico/urbano y agrícola. Es interesante notar que estas dos regiones ya tenían más proporción de suelo transformado en 1976 y continuaron transformándose en los siguientes 24 años, de hecho ambas crecieron 10% entre 1976 y 2000, mientras que las otras regiones crecieron en mucha menor proporción, el Pacífico Norte y el Caribe en 3% y el

Golfo de California 6%, escenarios que están cambiando actualmente.

Si se comparan las dos figuras (Fig. 1 y Fig. 2), se observa que la franja costera está menos transformada que el municipio en su totalidad para las regiones del Golfo de California, Golfo de México y el Caribe. En el Pacífico Norte, la proporción de vegetación natural es ligeramente más alta en la franja porque la mayoría del desarrollo urbano y agrícola se da en la costa. En el Pacífico Sur, tanto la franja como el municipio están muy transformados (alrededor de 40% de sus superficies) pero se han transformado tanto el interior del municipio como la costa de manera más homogénea.

La vegetación de dunas

Con respecto a la vegetación de dunas costeras, se perdió el 14% de éstas. En la Tabla 4 se observa que la región que perdió más dunas es el Caribe (ejemplo en Fig. 3) seguido del Golfo de México y Pacífico Sur. Ahora bien, ¿qué significa que se pierdan estos porcentajes de vegetación de dunas?

La riqueza florística de las regiones costeras de México consta, en promedio de 448 especies (de 427 a 566 especies) (Tabla 4), con excepción del Golfo de California que es la región florísticamente más pobre (235), porque básicamente los matorrales desérticos que llegan al mar no se consideran estrictamente una vegetación costera y sólo están flanqueados por una estrecha playa con dunas embrionarias florísticamente muy pobres. Lo mismo sucede con los ambientes arenosos del Pacífico Norte, pero la pre-

3 <http://www.caribbeannewsdigital.com/es/noticias/18997/mexico-nuevos-proyectos-turisticos-en-yucatan-impulsaran-ruta-del-mundo-maya>, 24 de septiembre de 2008.

sencia de un matorral sobre suelos rocosos al norte de Baja California, colindante con las costas de California, EE.UU., aumenta considerablemente la diversidad florística de las costas de esta región. Los focos de mayor endemismo florístico se dan en los extremos, al norte de la región 1 en la costa con clima tipo mediterráneo entre Tijuana y El Rosario y al sur de la región 2, en su porción peninsular, en la zona de Los Cabos (Riemann y Ezcurra 2005 y 2007). En cuanto a la vegetación de dunas sobre suelos arenosos (Tabla 4) se observa que el Golfo de México es la que más cobertura de dunas pierde: 77 km² que equivale a casi 30% del total de cobertura de dunas perdidas, seguida del Pacífico Sur donde se perdieron 58 km² de vegetación de dunas costeras (22%). La razón de pérdida de dunas en ambas costas es básicamente el uso agropecuario (la ganadería en Veracruz y los plantaciones de cocos en el Pacífico) así como la urbanización para el turismo de sol y playa en la región 3 (Bringas 1999; Sánchez-Crispín y Propin Frejomil 1999). El Golfo de California perdió 9.6 % de los sistemas arenosos en 24 años y fue básicamente por la acuacultura en Sonora y el crecimiento de la zona turística de Los Cabos. En la península de Yucatán se perdieron 43 km² (16.6%) de dunas por el cultivo de cocotales, las salineras y la expansión de los poblados costeros de Yucatán pero especialmente por el crecimiento de nuevas ciudades turísticas como Cancún. El Pacífico Norte es donde se pierden menos dunas (9.6%) ya que principalmente es al noroeste de Baja California, en la barra arenosa de Punta Banda, Ensenada y en El Médano de Primo Tapia, en Rosarito, donde han sido seriamente abatidas para construcción de casas habitación y pistas de vehículos de todo terreno, respectivamente.

Los trabajos de ecología de dunas costeras del Golfo de México y Península de Yucatán, Moreno-Casasola y Espejel (1986) y los de Espejel *et al.* (2004), en el Pacífico Norte y Golfo de California han utilizado muestreos que en promedio significan cerca de 100 m² y, en general, para definir cada comunidad se toman al menos 10 muestreos, es decir, 1 km². En un cálculo aproximado, podría considerarse que el número de especies que se estaría perdiendo por cada km² sería el promedio de la riqueza de especies de cada comunidad definida. Para las regiones 4 y 5 se reportan comunidades de entre 20-29 especies en las zonas de dunas embrionarias y crestas de dunas, de 47-63 especies en los matorrales más densos y 31-38 especies en las hondonadas húmedas. En el Pacífico Norte y norte del Golfo de California, se reportan comunidades de 21 especies en las franjas arenosas

angostas cerca de estuarios salobres, 32 especies en las barras arenosas y 85 especies en las comunidades de matorrales de sistemas de dunas más complejos. Por lo tanto, hipotéticamente ese número de especies se perderían cuando se destruye 1 km² de dunas para construir hoteles y fraccionamientos urbanos con frente de mar.

LA MARGINACIÓN DE LA POBLACIÓN COSTERA

La mayor marginación promedio de los municipios costeros agrupados en las cinco regiones muestra que el Pacífico Sur y Golfo de México son las regiones más marginadas. Es decir, son agrupaciones municipales con muchas poblaciones pequeñas (véanse primeras tres columnas de Tabla 5), poco urbanizados (sin drenaje, agua entubada, electricidad, etc.) y con una población con un nivel de educación e ingreso bajos, entre otras cosas que mide el índice.

La transformación de la vegetación natural básicamente ha sido por el uso urbano y turístico (dado por la categoría asentamientos humanos) y el agropecuario ya que aumentaron considerablemente (en 500 y 400%, respectivamente) coincidiendo con los resultados de Gutiérrez de Macgregor y González Sánchez (1999) para las ciudades en las planicies costeras. Para el caso de interés de este artículo, sin embargo, se piensa que son los poblados y rancherías los que más afectan a las dunas por la interrupción de los procesos costeros. Por eso se utilizó un elemento de análisis de la ecología del paisaje que se refiere a la perforación del paisaje (Forman, 1995), por lo que se contabilizaron todas las localidades, aunque fueran de un habitante, o de una o dos viviendas, en la franja de 2 km de la costa municipal (Tabla 5). Se encontraron 3532 localidades, siendo la mayoría menores a 100 mil habitantes (2855). La costa del Golfo de México (Tamaulipas, Veracruz y Tabasco) tienen la tercera parte de las localidades menores a 1000 habitantes en esta franja de 2 km pero también es la de mayor tamaño (50,565 km²) y la que tiene mayor número de municipios (44), le sigue el Pacífico Sur que contiene el 15% de dichas localidades en 35 municipios y es donde se localiza la única ciudad con frente de mar muy grande (Acapulco), con más de 500,000 habitantes. Cabe mencionar que de las ocho ciudades muy grandes y grandes en la planicie costera analizadas por Gutiérrez y MacGregor y González Sánchez (1999) sólo cinco (Acapulco, Veracruz, Coatzacoalcos, Tampico y Tijuana) tienen frente de mar.

Tabla 5. Número de localidades según su tamaño agrupadas por regiones florísticas de ambientes no inundables de México

Regiones	<100 hab.	de 100 a 1000	de 1000 a 5000	de 5000 a 10,000	de 10,000 a 15,000	de 15,000 a 50,000	de 50,000 a 100,000	de 100,000 a 500,000	> a 500,000	
1	328	31	7	1: El Sauzal (B.C.)	0	1: Playas de Rosarito (B.C.)	0	1: Ensenada (B.C.)	0	369
2	605	80	38	5: Bucerías (Nay.), San Blas (Nay.), La Peñita de Jaltemba (Nayarit), Topolobampo (Sinaloa), La Reforma (Sin.)	3: San Felipe (B.C.), Santa Rosalía (B.C.S.), Loreto (B.C.S.)	4: Empalme (Son.), Puerto Peñasco (Son.), Cabo San Lucas (B.C.S.), San José del Cabo (B.C.S.).	1: Guaymas (Son.)	3: Mazatlán (Sin.), La Paz (B.C.S.), Puerto Vallarta (Jal.)	0	739
3	600	190	32	6: Puerto Madero (Chi.), Brisas de Zicatela (Oaxaca), San Patricio (Jal.), Paredón (Chiapas), San José Ixtapa (Guer.), San Mateo del Mar (Oaxaca)	1: Crucecita (Oax.)	2: Las Guacamayas (Mich.), Puerto Escondido (Oax.)	4: Manzanillo (Coli.), Lázaro Cárdenas (Mich.), Salina Cruz (Oax.), Zihuatanejo (Guerr.)	0	1: Acapulco (Guer.)	836
4	922	183	37	7: Seybaplaya (Camp.), Villa Sánchez Magallanes (Barra de Santa Ana, Tabasco), Anton Lizardo (Ver.), Sabancuy (Campeche), Hidalgo (Ver.), Tamiahua (Ver.), Pueblo Viejo (Ver.)	3: Boca del Río (Ver.), Anáhuac (Ver.), Benito Juárez (Ver.)	3: Champotón (Camp.), Alvarado (Ver.), Allende (Ver.)	0	5: Coatzacoalcos (Ver.), Veracruz (Ver.), Ciudad del Carmen (Camp.), Ciudad Madero (Tam.), Tampico (Tam.)	0	1160
5	400	11	10	1: Celestun (Yucatán)	1: Isla Mujeres (Q.Roo)	2: Progreso (Yucatán), Playa del Carmen (Q.Roo)	1: Cozumel (Q.Roo)	2: Campeche (Camp.), Cancún (Q.Roo)	0	428
Total:	2855	495	124	20	8	12	6	11	1	3532

Figura 4. Índices de marginación del 2000 para las regiones florísticas de ambientes no inundables de México y para su franja costera de 2 km (promedio, mínimo y máximo) calculado a partir de datos de marginación por localidad (CONAPO 2000).

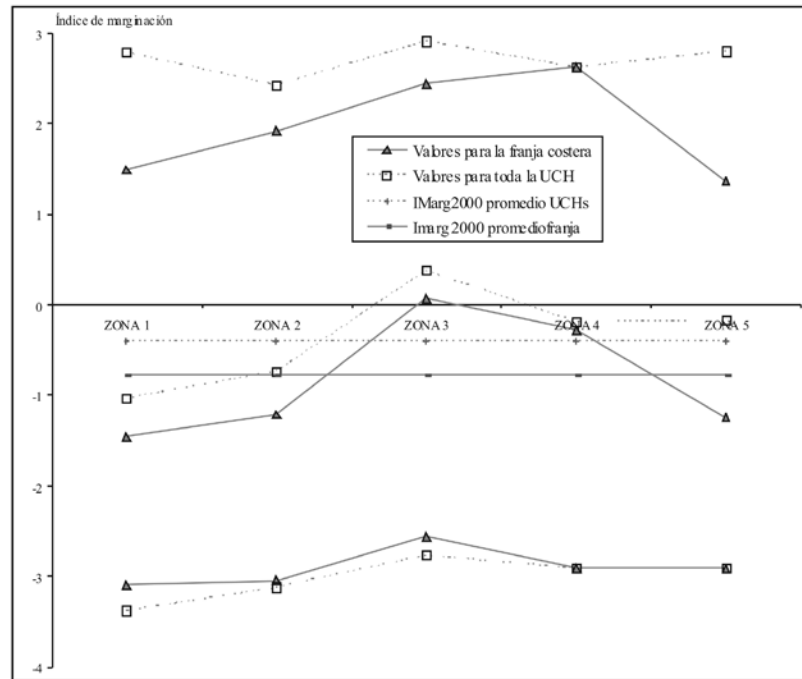
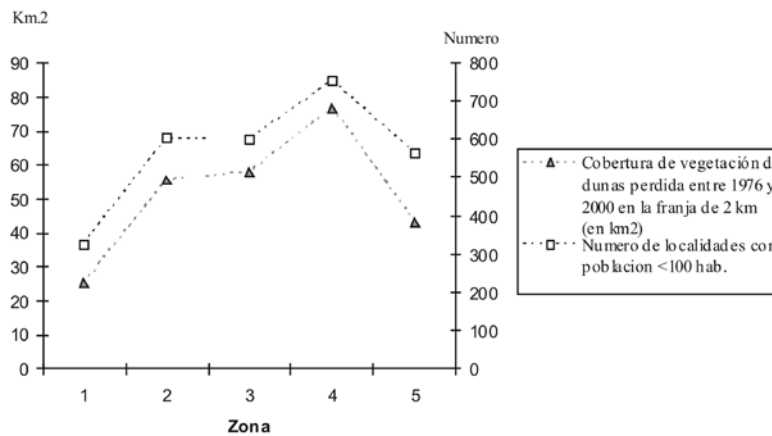


Figura 5. Relación entre el número de localidades inferior a 100 habitantes y pérdida de dunas en las cinco regiones florísticas de ambientes no inundables de México



Si se compara el porcentaje de crecimiento del suelo transformado en la franja con el porcentaje de toda la superficie municipal del país, se observa que en todas las regiones, excepto el Golfo de California, el crecimiento del uso transformado en la franja no es tan rápido como lo es en el área municipal. Destaca la región del Golfo de

California donde el porcentaje de crecimiento del suelo alcanzó 68% mientras que en el área municipal de la región, creció 21 % el uso de suelo transformado (Figs. 1 y 2).

Se comparó la cobertura de vegetación de dunas perdida entre 1976 y 2000 con el número de localidades pe-

queñas (con población inferior a 100 en el año 2000) y es posible distinguir un patrón similar (Fig. 5). Esto significa que las localidades pequeñas han *perforado* las dunas y, si se añade el crecimiento de las localidades más grandes, ambos son la causa de disminución de la cobertura vegetal de dunas costeras.

Asimismo, es interesante notar las diferencias entre las densidades de las superficies municipales con las de la franja (Tabla 1). En general, en todo el país y las regiones 1 y 2, la diferencia es de tres veces más la densidad en la franja que en el municipio, en las regiones 3 y 4 es cuatro veces mayor pero en la región 5 es 10 veces mayor la densidad entre franja y municipio. Una vez más, el desarrollo conglomerado de Cancún explica esta diferencia.

En algunos casos, podría justificarse que se perdiera vegetación estratégica en aras de lograr beneficios para la población humana y el desarrollo costero de México. Sin embargo, haber perdido 4.1 y 3.3% de vegetación costera no hace que las localidades costeras del Pacífico Sur o del Golfo de México, respectivamente, hayan mejorado su calidad de vida, si ésta la interpretamos por el valor del índice de marginación (Figura 4). En general, resultó que el índice de marginación es mayor en el municipio que en la franja costera, y casi iguales en el Golfo de México, que es la zona más transformada (59% y 42% transformado en la totalidad del municipio y en la franja, respectivamente). Se observa que en el Caribe hay mayor diferencia entre el índice de marginación del municipio y la franja si se compara con el Golfo de México: a nivel de la superficie municipal, el valor es similar pero el Caribe tiene una franja costera menos marginada pero está básicamente concentrada en una sola ciudad (Cancún). Si la densidad poblacional y la pérdida de dunas se concentra en un sitio y no se expande, el modelo de desarrollo podría ser más sustentable en términos naturales ya que se pierde menos cobertura natural pero no en términos sociales ya que se concentra la riqueza y el área de marginación es más extensa. Esto en parte es porque el índice de marginación enfatiza mucho en los indicadores de urbanización.

En general, el índice de marginación es menor en la franja de 2 km que en el municipio con excepción del Golfo del México. El Pacífico Norte y el Caribe son las regiones menos marginadas posiblemente por la influencia de la presencia de ciudades del corredor Tijuana-Rosario-Ensenada y Cancún, respectivamente.

Son prioritarios los trabajos en las costas más deterioradas, social y ecológicamente. El Golfo de México es la región con más porcentaje de transformación a nivel

municipal, más pérdida de vegetación de dunas, más crecimiento poblacional, más localidades y mayor marginación y está entre las que más localidades y pérdida de dunas presentan, este resultado coincide con el de otros autores en que las costas del Golfo de México se han deteriorado (Moreno-Casasola, 2004) aumentando su vulnerabilidad (Martínez *et al.*, 2006).

Finalmente, si se considera que la vulnerabilidad costera es la conjunción de pérdida de calidad natural (medida en este artículo como cobertura de vegetación natural y en particular de la vegetación de dunas costeras) con el grado de marginación de su población, las regiones 3 y 4 son las más vulnerables del país.

CONSIDERACIONES FINALES

La elección de los municipios como límite para el análisis inicial podría recibir la misma crítica por la diversidad de tamaño de las 169 entidades costeras, las cuales varían de 103 a 53,337 km² de superficie municipal. Aunque se evaluó por un lado el uso de las delegaciones costeras (en vez del municipio completo) en los amplios municipios del noroeste de México, y por otro lado, la agrupación de los municipios muy pequeños en las regiones o distritos en los estados de Chiapas o Oaxaca para obtener un límite administrativo de la franja costera que sea más regular en términos de tamaño, se prefirió la figura de la entidad municipal por su carácter homogéneo en cuanto a gestión de políticas públicas (ANMCO, 2008) y porque se ha utilizado en la propuesta de regionalización de los mares de México (Espejel y Bermudez 2009).

El uso de una franja de una distancia arbitraria (2 km) presenta la ventaja de trabajar en un espacio de ancho constante, lo que no fue posible con el análisis a nivel de las planicies costeras, las cuales se extienden tierra adentro de manera muy irregular, por ejemplo de 1 km –donde existen cantiles– y 90 km en Sonora. El valor de dos kilómetros permite comparar datos de superficie relevante para el estudio de una cobertura vegetal de un ecosistema netamente costero no inundable. Para la vegetación inundable se recomienda utilizar el concepto de municipio de segundo y tercer orden que usa la SEMARNAT (2006).

Los resultados plantean situaciones que ilustran el efecto del desarrollo sobre uno de los sistemas más difíciles de reconstruir con una de las vegetaciones más difíciles de restaurar y a su vez, uno de los ecosistemas más útiles para la protección al embate de los efectos del

cambio climático, como son el aumento en la intensidad de huracanes e inundaciones por elevamiento del mar.

Dado que todavía queda aproximadamente el 86% de la superficie original de vegetación de dunas de México y que el modelo de desarrollo de las costas se está reproduciendo de la misma manera no sustentable en varios lugares (como por ejemplo, al norte de las ciudades de Cancún, la costa de Campeche y Yucatán, el sur de Veracruz, y la ampliación de Los Cabos, Loreto y Puerto Peñasco, etc.), es sumamente importante establecer un programa continuo de protección y manejo de dunas costeras.

Es posible que a nivel nacional 14% no sea una cifra alarmante de pérdida de cobertura vegetal en 24 años, pero los planes novedosos para incrementar el turismo y los condominios como segundo hogar de extranjeros y las grandes obras de infraestructura portuaria y de energía en el litoral del país, están amenazando la conservación de las dunas en el país (diversos proyectos en Loreto, Todos Santos y Bahía Magdalena, B.C.S., un proyecto de mega puerto en Colonet, B.C., Peñasco y Guaymas en Sonora, Altata entre muchos otros, en todos los estados costeros de México). Además de la extensión de la Riviera Maya y la extracción petrolera en Campeche y Yucatán y el impulso al crecimiento de Coatzacoalcos, Veracruz y Tampico, entre otros, e independientemente de los cambios en el nivel del mar por el cambio climático, obligan a poner atención en esta frágil franja de la costa, cubierta de especies únicas fijadoras de arena y difíciles de sustituir.

El Golfo de México y el Pacífico son las regiones que perdieron más vegetación natural y dunas y son también las regiones que tienen los índices más altos de marginación de la costa mexicana. De estas dos regiones es posible obtener lecciones para no repetir el tipo de desarrollo costero que pierde naturalidad y no mejora las condiciones sociales de sus habitantes. Parece una tarea urgente, el diseño alternativo de los desarrollos urbanos (turísticos e industriales) para no repetir lo descrito en estas dos regiones.

Este trabajo puede considerarse la primera descripción del estado cero a partir del cual dar seguimiento a la política recién instrumentada de mares y costas de México utilizando como indicadores de desarrollo sustentable la proporción de vegetación natural y transformada, la tasa de cambio y la cobertura de vegetación de dunas costeras siempre asociados a los índices de marginación.

AGRADECIMIENTOS

A Oscar Delgado por la revisión y comentarios a este escrito.

BIBLIOGRAFÍA

- ANMCO. 2008. Asociación Nacional de Municipios Costeros, A.C.. Por el desarrollo sustentable de los municipios costeros. Disponible en: <http://www.anmco.org>.
- Beltrán, J., A. Villasol, A.V. Botello y F. Palacios. 2005. Condición Actual del ambiente marino-costero de la región del Gran Caribe. En: Botello A. V., J. Rendón von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-Hernandez (eds.). *Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y tendencias*. Segunda edición. Universidad Autónoma de Campeche, UNAM e Instituto Nacional de Ecología. Pp. 1-24.
- Bringas, N. 1999. Políticas de desarrollo turístico en dos zonas del Pacífico mexicano. *Región y Sociedad*. XI (17):3-52.
- CNA. 1998. Comisión Nacional del Agua (CNA). "Regiones Hidrológicas de México". Escala 1:1,000,000. México.
- CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA. 2007. Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas. Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy Programa México, Pronatura, A.C. México D.F. 130 pp.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). Municipios para la planeación del II Conteo de Población y Vivienda 2005 03_MARCO GEOESTADISTICO NACIONAL_MARIO CHAVARRIA.ppt.
- Comisión Intersecretarial de Mares y Costas. 2008. *Diario oficial de la Federación*. Disponible en: http://209.85.173.104/search?q=cache:T8KRPaxJf84J:www.semarnat.gob.mx/queessesemarnat/politica_ambiental/ordenamientoecologico/Documents/documentos%2520integracion/cimares/decreto_cimares_dof13062008.pdf+politica+de+mares+y+costas+semarnat&hl=es&ct=clnk&cd=1&gl=mxCONAPO, 2000. Estimaciones de CONAPO con base en el XII Censo General de Población y Vivienda, 2000.
- Córdova, A., F. Rosete V., G. Enríquez Hernández y B. Fernández de la Torre. 2006. *Ordenamiento ecológico marino. Visión temática de la regionalización*. INE, SEMARNAT, México.
- . 2009. *Ordenamiento ecológico marino. Visión integrada de la regionalización*. INE, SEMARNAT, México.
- Diario Oficial de la Federación*. 2006. Declaratoria de vigencia de la Norma Mexicana NMX-AA-120-SCFI-2006. Jueves 6 de julio. SEGOB, México.

- Díaz Cayeros, A. 2006. *Pobreza y precariedad urbana en México: un enfoque municipal*. Serie: Medio Ambiente y Desarrollo. 130. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. CEPAL. Naciones Unidas. Pp. 58.
- Escofet, G.A. 2004a. Marco operativo de macro y mesoescala para estudios de planeación de zona costera en el Pacífico mexicano. En: Arriaga E, Azuz I, Villalobos G. *El manejo costero en México*. México: Centro EPOMEX, Universidad Autónoma de Campeche, pp: 223-233.
- . 2004b. Aproximación conceptual y operativa para el análisis de la zona costera de México: un enfoque sistémico-paisajístico de multiescala. Tesis de doctorado. UABC. 276 p.
- . 2006. Escalas jerárquicas anidadas. En: Córdova, A., F. Rosete V., G. Enríquez Hernández y B. Fernández de la Torre. 2006. *Ordenamiento ecológico marino. Visión temática de la regionalización*. INE, SEMARNAT, México. p 87-102.
- Espejel, I. C. León, J.L. Fermán, G. Bocco, F. Rosete, B. Graizbord, A. Castellanos, O. Arizpe y G. Rodríguez. 2004a. Planeación del uso del suelo en la región costera del Golfo de California y Pacífico Norte de México. En: Arriaga Rivera et al. (eds.) *El manejo costero en México*. EPOMEX, SEMARNAT, CETYS, Universidad de Quintana Roo. pp.321-340.
- Espejel I., Y. Ahumada y A. Cruz y Hereida. 2004b. Coastal Vegetation as indicators for consevation. *Coastal dunes, ecology and conservation* 171:298-318.
- Espejel, I. y R. Bermúdez. 2009. Propuesta para la regionalización de los mares mexicanos. En: A. Cordova et al. (eds.) *Ordenamiento ecológico marino. Visión integrada de la regionalización*. INE, SEMARNAT, México.
- Forman, R.T.T. 1995. *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press, Cambridge, New York. 632 p.
- Gutiérrez de MacGregor, M.T. y J. González Sánchez. 1999. Las costas mexicanas y su crecimiento urbano. *Investigaciones Geográficas* 40:110-126.
- Ley, C., J.B. Gallego-Fernández y C. Vidal. 2007. *Manual de restauración de dunas costeras*. Santander, Ministerio de Medio Ambiente. España. 252 pp.
- López, E., G. Bocco y M. Mendoza. 2001. Predicción del cambio de cobertura y uso del suelo. El caso de la ciudad de Morelia. *Investigaciones Geográficas*. 45:56-76
- INEGI. 1970. *IX Censo General de Población 1970*. INEGI, México.
- . 2000. *XII Censo General de Población 2000*. INEGI, México.
- . 2005. *II Censo de Población y Vivienda 2005*. INEGI, México.
- Juárez Gutiérrez, M.C. y R.E. Sánchez Suárez. 2003. *Riviera mexicana: dinámica de la población, 1970-2000. Notas. Revista de información y análisis* 23: 33-41. Disponible en: <http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/contenidos/Articulos/sociodemograficas/rivera.pdf>.
- León, C. 2004. Piezas de un rompecabezas: dimensión socioeconómica de las costas de México. En: Arriaga E, Azuz I, Villalobos G. *El manejo costero en México*. EPOMEX, SEMARNAT, Universidad Autónoma de Campeche. Pp. 5-26.
- Longcore, T., R. Mattoni, G. Pratt y C. Rich. 1997. On the Perils of Ecological Restoration: Lessons from the El Segundo Blue Butterfly. En: J.E. Keeley, Coordinator 2nd Interface between Ecology and Land Development in California. Occidental College, April 18-19. Pp. 6-26.
- Mas, J.F., A. Velázquez, J.R. Díaz, R. Mayorga, C. Alcántara, R. Castro y T. Fernández. 2002. Monitoreo de los cambios de cobertura en México, CD de las memorias del II Seminario Latinoamericano de Geografía Física, Maracaibo, Venezuela, 24-27 de julio de 2002.
- Martínez, M.L., J.G. Gallego-Fernández, J. García-Franco, C. Moctezuma y C. Jiménez. 2006. Assessment of coastal dune vulnerability to natural and anthropogenic disturbances along the Gulf of Mexico. *Environmental Conservation* 33(2): 109-117.
- Moreno Vázquez, J.L. 2006. *Por abajo del agua. Sobreexplotación y agotamiento del acuífero de la Costa de Hermosillo: 1945-2005*. El Colegio de Sonora, México.
- Moreno-Casasola, P. e I. Espejel. 1986. Classification and ordination of coastal sand dune vegetation along the Gulf and Caribbean Sea of México. *Vegetatio* 66: 147-182.
- Moreno-Casasola P., I. Espejel, S. Castillo, G. Castillo Campos, R. Durán, 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. En: G. Halffter. *Diversidad biológica de Iberoamérica* Vol. II. Acta Zoológica mexicana, nueva serie. Volumen especial. Acta Zoológica mexicana, nueva serie, volumen especial. INECOL AC. Xalapa, México. Pp. 177-264.
- Moreno-Casasola, P. 2004. Conservation and management of tropical sand dune systems. En: Martínez M.L. y N. Psuty (eds.). *Coastal Dunes: Ecology and Conservation*. Springer-Verlag. Heidelberg, Alemania. Pp. 319-333.
- Moreno-Casasola, P., M. Martinez y G. Castillo-Campos. 2008. Designing Ecosystems in degraded tropical sand dunes. *Ecoscience* 15(1):44-52.
- Ortiz-Pérez, M.A. y G. de la Lanza-Espino. 2006. *Diferenciación del espacio costero de México: un inventario regional. Geografía para el siglo XXI*. Serie Textos Universitarios, Instituto de Geografía. México, D.F. 138p.
- Padilla y Sotelo, L.S. 2001. *Cambios en la población de la Riviera Mexicana 1900-1995*. Cuadernos Geográficos No. 31. Universidad de Granada, Granada España. 53-68

- Palacio P., J.L., G. Bocco, A. Velázquez, J.F. Mas, F. Takaki, A. Victoria, L. Luna, G. Gómez, J. López, M. Palma, I. Trejo, A. Peralta, J. Prado, A. Rodríguez, R. Mayorga y F. González. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del inventario forestal nacional 2000. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* 43: 183-203.
- Ortiz Perez, M.A., G. de la Lanza Espino, M.P. Salazar Enciso y J.L. Carbajal Pérez. 2006. *Diferenciación del espacio costero de México: un inventario regional*. Geografía para el siglo XXI. Serie Textos Universitarios. Num.3, 138 pp.
- PCR. 2008. Pacifica at Ensenada Bay. Proyecto Prudential California realty, Northern Baja Division. Disponible en: <http://www.prubaja.com/pacifica-at-ensenada-bay.html>.
- Riemann H. y E. Ezcurra. 2005. Plant endemisms and natural protected areas in the peninsula of Baja California. *Biological Conservation*, 1:141-150.
- . 2007. Endemic Regions of the Vascular Flora of the Peninsula of Baja California, México. *Journal of Vegetation Science* 18(3):327-336.
- Rivera Arriaga, E. 2008. La política para el desarrollo sustentable de mares y costas. *Jaina. Boletín informativo* 16(1): 1-2.
- Sánchez Almanza, A. 2000. *Marginación e Ingreso en los municipios de México. Análisis para la asignación de recursos fiscales*. Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM y Miguel Ángel Porrúa, México. 278 pp.
- Sánchez Crispín, Á. y E. Propin Frejomil. 1999. Valoración ambiental de los niveles de asimilación de la Riviera mexicana: homogeneidad geográfica y heterogeneidad económica. *Observatorio medioambiental* 22: 295-310.
- SEMARNAT, INEGI e Instituto de Geografía UNAMa. 1968-1986. Serie I, Uso de Suelo y Vegetación.
- SEMARNAT, INEGI e Instituto de Geografía UNAMb. 1993. Serie II, Uso de Suelo y Vegetación.
- SEMARNAT, INEGI e Instituto de Geografía UNAMc. 1994. *Inventario Nacional Forestal 1994*.
- SEMARNAT, INEGI e Instituto de Geografía UNAMd. 2000. *Inventario Nacional Forestal 2000*.
- SEMARNAT. 2006. *Política Ambiental Nacional para el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas de México. Estrategias para su conservación y uso sustentable*. SEMARNAT, México.
- UNFCCC. 2008. United Nations Framework Convention on Climate Change Website. <http://unfccc.int/2860.php>.
- Velázquez , A., J.F. Mas , J.R. Díaz Gallegos, R. Mayorga Saucedo, P.C. Alcántara , R. Castro , T. Fernández , G. Bocco, E. Ezcurra y J.L. Palacio. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta ecológica* 62: 21-37.

Artículo 2

Riesgo en la franja costera municipal

Enviado para una sección del capítulo del libro:
El Cambio Climático en México: un enfoque costero-marino.

Como:

Seingier, G., Espejel, I., J. L. Fermán, O. Delgado, y C. Arredondo (en prep.). Sección 3. Habitantes y patrimonio. Riesgo en la franja costera municipal. Parte I: Poblaciones costeras, vulnerabilidad regional y local. In: Rivera Arriaga E., G. Villalobos, Alpuche, L., Azuz y A. Ortega (eds). *El Cambio Climático en México: un enfoque costero-marino.*

Riesgo en la franja costera municipal

Seingier¹, G., Espejel², I., J. L. Fermán¹, O. Delgado³.

Resumen

En este capítulo se calcula un índice de vulnerabilidad de los estados de la costa mexicana, el cual, al relacionarlo con la peligrosidad natural de las planicies costeras, representa un índice de riesgo costero. La peligrosidad consideró dos conceptos: peligrosidad física, la cual se midió sumando la longitud de la línea de costa, el número de cuerpos de agua marinas interiores (bahías y lagunas), la proporción de la planicie en el municipio y la peligrosidad climática que se basó en la frecuencia de los eventos meteorológicos. Se incluyeron tres tipos de vulnerabilidad socioambiental: la vulnerabilidad demográfica, dada por el número de habitantes y la densidad por km² en la planicie, la vulnerabilidad socioeconómica que considera el promedio del índice de marginación de las localidades en la franja costera y la vulnerabilidad que les da el haber perdido vegetación natural en la franja costera cuya función, como servicio ambiental, es la protección de la costa. Los estados costeros con un índice de riesgo costero alto son Tamaulipas, Quintana Roo (cuya peligrosidad es mayor que la vulnerabilidad) y Veracruz y Baja California (cuya vulnerabilidad es mayor que la peligrosidad). Le siguen con riesgo medio Tabasco, Campeche, Michoacán, Sinaloa, Baja California Sur y Guerrero. Los 7 estados restantes presentaron riesgo costero bajo. Se presentan también los datos municipales y se hace un análisis del papel que juega el crecimiento poblacional proyectado al 2030 en el índice de riesgo. A pesar de las pérdidas ocasionadas por ejemplo en Cancún cuando el huracán Wilma o en el sureste cuando el huracán Stan, se insiste en desarrollar las costas con modelos idénticos de construcción tanto de nuevas y largas ciudades turístico-residenciales con frente de mar y enormes puertos de carga en ciudades industriales. Por lo tanto, no se proyecta un escenario futuro diferente, de hecho será peor, ya que aumentará la población vulnerable a los efectos del cambio climático la cual vivirá en sitios peligrosos por lo que habrá más municipios con mayores índices de riesgo costero.

Palabras claves

Peligrosidad física, peligrosidad climatológica, vulnerabilidad socioambiental, riesgo costero, municipios costeros, México

1 Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Carr. Tijuana Ensenada km 103 Ensenada, B.C. georges@uabc.mx, jlferman@uabc.mx, conchita@uabc.mx

2 Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. Carr. Tijuana Ensenada km 103 Ensenada, B.C. ileana@uabc.mx

3 Instituto de Investigación Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California. Carr. Tijuana Ensenada km 103 Ensenada, B.C., odelgado@uabc.mx

Introducción

Según el Reporte del Banco Mundial 2010 (World Bank, 2009), los impactos físicos del cambio climático, como los son la elevación del nivel medio del mar, la intensidad y frecuencia de huracanes y el recrudecimiento de sequías, amenazan las vidas y la seguridad de millones de gente en el mundo en vías de desarrollo. Para reducir la vulnerabilidad a estos impactos, todos los países necesitarán adaptarse estratégicamente a las condiciones cambiantes del ambiente. Según esta fuente, con un metro que se eleve el nivel del mar, ahora considerado en nuestro tiempo de vida, aumentarán los problemas ya existentes en abastecimiento de alimentos y desaparición de ecosistemas costeros (los cuales amortiguan tormentas en las ciudades costeras y favorecen la producción pesquera).

Ahora, el cambio climático es un reto más que enfrentan los países en desarrollo, el cual, de no atenderse pronto, revertirá las ganancias que hasta ahora se han logrado con el desarrollo económico de dichos países. Aunque México se ha sumado a los esfuerzos de un desarrollo que incorpora cuestiones de clima en cuanto a políticas y estrategias (Semarnat, 2007a), en la práctica se siguen desarrollando grandes proyectos costeros (principalmente centros residenciales, turísticos y puertos) que no parecen prevenir los efectos de un clima cambiante.

Para poder imaginar lo que le sucederá a la población mexicana que vive en las costas, en escenarios de elevamiento de mar y cambios en el clima, primero debemos visualizar el estado actual de la costa ya que este escenario refleja las consecuencias del crecimiento poblacional costero.

Por eso, en este capítulo, se toma de la OCDE un modelo para medir el desarrollo sustentable y lo aplicamos a las costas mexicanas. El esquema calcula la vulnerabilidad de la población humana, la peligrosidad de la costa mexicana y el riesgo a efectos de cambio climático. Quizás reduccionista, porque no considera todas las posibles variables ni interacciones de un sistema complejo, como lo es la costa mexicana, el modelo que se presenta es una especie de caricatura que refleja los puntos donde la población de mexicanos es más vulnerable porque viven en zonas naturalmente peligrosas. El aumento de la población en municipios costeros con peligrosidad costera es relativamente nuevo, ya que la historia del desarrollo costero de México es muy reciente (Gutiérrez de MacGregor y González Sánchez, 1999, León, 2004) aunque muy concentrado en ciertas ciudades costeras.

La definición oficial de costa mexicana corresponde a los municipios con frente de mar y a aquellos en planicies costeras con presencia de vegetación de humedales (segundo y tercer orden) (Semarnat, 2007b). En este caso se eligió hacer los cálculos para 169 municipios que tienen frente de mar o laguna costera (Seingier, et al., 2009), los cuales, para una mejor interpretación, se agruparon por estados, sin perder las particularidades municipales.

Para entender los conceptos de vulnerabilidad y riesgo utilizados en este capítulo, se hacen las siguientes aclaraciones: se entiende por riesgo costero al encuentro en un territorio naturalmente peligroso (por sus características físicas como son presencia continua de huracanes, de suelos inundables, de costas erosionables, de incendios naturales, etc.) de una población humana que es vulnerable porque está marginada, (porque no tiene la mínima infraestructura urbana, es pobre, vive en lugares densamente poblados, etc.). Así por ejemplo, un municipio con más riesgo costero será aquel que tenga una costa larga, que posea una gran proporción de planicie costera, que haya frecuente presencia de huracanes y esté habitada por una densa población marginada. Se podría hablar de vulnerabilidad socioambiental cuando además dicha población vive en donde se ha eliminado o transformado la vegetación natural con la consecuente pérdida de protección natural que este hecho conlleva.

Este trabajo considera que con, o sin cambio climático, y a partir de los datos retrospectivos de los censos e inventarios forestales, se pueden construir modelos que midan el aumento de la vulnerabilidad socioambiental en los estados con características más peligrosas, proporcionar un aproximado que permita visualizar los efectos del riesgo de inundación, por ejemplo, en los municipios y estados que conforman al México costero.

Hasta ahora, se ha explorado poco la relación de la población costera de los municipios mexicanos con un grado de riesgo regional y local ante escenarios de cambio climático (Seingier *et al.*, 2009, y Martínez *et al.*, 2008). Por eso, el objetivo de este capítulo es presentar algunas implicaciones que pudiera tener el aumento del riesgo costero tomando en cuenta a ciertos indicadores de las bases de datos oficiales mexicanas (básicamente los censos y conteos poblacionales y los inventarios forestales de INEGI), para que pueda dárseles seguimiento automáticamente cada cinco o diez años.

Para esto, se analizan los municipios agrupados en estados, según indicadores de peligrosidad (física), vulnerabilidad (socioambiental) y que sumados reflejan el riesgo a sufrir las consecuencias que conllevarían los eventos climáticos cambiantes.

Estado del Arte

El cambio climático global, como consecuencia de cambios naturales y antropogénicos, es una de las amenazas ambientales más serias a las que el hombre se ha enfrentado, y éste se manifiesta en los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo generalizado de nieves y hielos, y el aumento del nivel del mar (IPCC, 2007).

El calentamiento global durante los pasados 100 años ha ocasionado una expansión térmica del agua oceánica y un influjo neto de agua por el deshielo de los glaciares. Los registros más recientes de cambios del nivel del mar consisten de datos altimétricos de los satélites TOPEX/Poseidon y Jason (Nerem y Mitchum, 2001). Para un periodo de 10 años, entre 1993 y 2003 los datos de altimetría de satélite muestran que

la razón de elevación del nivel del mar fue 3.1 ± 0.7 mm/año (Cazenave y Nerem, 2004, Leuliette, *et al.*, 2004).

La elevación del nivel del mar es una amenaza particularmente importante porque 10% de la población mundial (634 millones de personas) habitan las zonas costeras con elevaciones entre los 0 y 10m por arriba del nivel medio del mar, de las cuales 360 millones se encuentran en zonas urbanas.

México tiene una importante cantidad de áreas costeras con elevación entre 0 y 10 m sobre el nivel del mar, que le colocan en el octavo lugar en el contexto mundial (McGranahan, *et al.*, 2007). Se puede suponer que más del 50% de los aproximadamente 16.4 millones de habitantes que habitan en los municipios costeros (INEGI, 2006), al igual que su infraestructura se encuentran ocupando espacios físicos en dicha cota, además de las estructuras naturales, como las lagunas costeras y las estructuras sedimentarias tipo dunas, estarán expuestas a ser inundadas ante una elevación del nivel del mar, condición que aumenta la vulnerabilidad de estas áreas costeras a las inundaciones causadas por los surgimientos de tormenta, los tsunamis y condiciones de marea astronómica extrema. Conforme sube el nivel del mar, los efectos asociados a tormentas de una intensidad dada podrán llegar a alcanzar cotas de nivel más altos sobre el continente, extendiendo más las áreas de inundación.

Es importante señalar que buena parte de los problemas asociados con el aumento en el nivel del mar representan los efectos acumulados de procesos que han empezado desde hace décadas, quizás siglos, y que estos efectos pueden estar relacionados con otros efectos naturales y antropogénicos, tales como la reducción o inhibición de suministro de sedimentos a las costas. Además de la posible influencia de estos factores, la elevación del nivel del mar puede considerarse como el mayor agente que ha causado erosión de las costas (Leatherman, *et al.*, 2000, Cooper y Pilkey, 2004). Los datos obtenidos con instrumentos para registrar la marea sugieren que a partir de 1993 la razón de aumento del nivel del mar se ha incrementado a 3 mm/año (Church y White, 2006), situación que sugiere que la situación puede acelerar procesos que han estado presentes por siglos, como inundaciones de los primeros metros de costa, erosión en las playas, intrusión salina y pérdida de cuerpos protegidos (Bird, 1993, Leatherman, 2001).

Además del incremento de las inundaciones e impactos de tormenta en las comunidades costeras de las regiones bajas, la aceleración en el aumento en el nivel del mar afectará de manera dramática las playas de arena y las costas con islas de barrera. Estos impactos están más allá de la inundación ocasionada por la elevación del agua oceánica, e implica la pérdida permanente o casi permanente de las playas de arena. Los análisis de los balances de sedimentos muestran que la zona cercana a la playa y los deltas de marea, entre otros elementos, pueden funcionar como reservas sedimentarias (Komar, 1998). El proceso de erosión en escala de periodos largos de tiempo que se presentan en algunas playas pueden verse afectadas por la aceleración en el cambio en el nivel del mar, lo cual puede llevar al deterioro de la costas que tienen

entre sus componentes las barreras de arena tipo isla, las cuales protegen zonas de alta productividad e importancia ecológica, al igual que protegen la parte continental al embate directo de tormentas y erosión.

Otro de los retos que plantea la elevación del nivel del mar es el impacto social y económico que representa para las áreas costeras (Nicholls y Leatherman, 1996, Gornitz, *et al.*, 2002). El reto, por lo tanto depende en la capacidad de disponer de información sobre los efectos sociales y económicos que representa la aceleración observada en esta elevación del nivel medio del mar. En México la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) realizaron un esfuerzo de integrar la información disponible para emitir un primer diagnóstico de las posibles afectaciones a las que está expuesto el país ante la variabilidad climática y el calentamiento global (SEMARNAT-INE, 2006), sin embargo, este esfuerzo no abordó el daño potencial que representa un aumento en el nivel del mar a los espacios costeros del territorio nacional que contemple información conjunta de la vulnerabilidad de la población establecida en la costa y la peligrosidad costera.

El análisis del presente trabajo se hizo con una base de datos municipal pero aglomerándolos en sus respectivos estados. En este apartado describiremos los resultados de analizar la costa mexicana según los indicadores explicados en el Recuadro 1.

Recuadro 1. Indicadores utilizados para ejemplificar el riesgo costero en México.

RIESGO (IRC)=$\sum$(IPC, IVC)	
Índice de Peligrosidad Costera (IPC)	
IPC=$\sum$(SIPF, SIPC) ; SIPF=$\sum$(l, p, a); SIPC=(em)	
Subíndice de Peligrosidad física (SIPF)	
Indicador:	Longitud de la línea de costa municipal (km)(l)
Indicador:	porcentaje del área municipal en la planicie (%) (p)
Indicador:	Número de aguas marinas interiores (#) (a)
Subíndice de Peligrosidad climatológica (SIPC)	
Indicador:	Frecuencia de eventos meteorológicos (%) (em)
Índice de Vulnerabilidad Socioambiental Costera (IVSC)	
IVSC=$\sum$ (pob, dpob, mar, st)	
Indicador:	Población en la planicie costera en 2005 (pob)
Indicador:	Densidad poblacional en la planicie (habitantes por km ²) (dp)
Indicador:	Marginación por localidad promedio en la planicie (m)
Indicador:	Porcentaje de suelo transformado en una franja de 2km (%) (st)

Índice de Riesgo costero (IRC)

El resultado de la combinación de peligrosidad costera con la vulnerabilidad socioambiental proporciona información que permite identificar los estados costeros (Figura 1) y los municipios costeros (Figura 2) con más riesgos ante eventos de cambio climático. Es decir, el estado con más riesgo costero es aquel que tiene una costa larga, tiene una gran proporción de planicie costera, que sufre de una frecuente presencia de eventos meteorológicos y está habitado por una densa población marginada, además que ha eliminado o transformado la vegetación natural costera.

Los estados con un índice de riesgo costero alto (Figura 1 y 2) son Tamaulipas y Quintana Roo, cuya peligrosidad es mayor que la vulnerabilidad, y Veracruz y Baja California, cuya vulnerabilidad es apenas mayor que la peligrosidad. Le siguen con riesgo medio Tabasco, Campeche, Sinaloa, Baja California Sur, Michoacán y Guerrero

donde a excepción de los dos últimos, la peligrosidad supera a la vulnerabilidad. El resto de los estados tienen riesgo costero bajo donde en los estados de Pacífico Sur, la vulnerabilidad supera a la peligrosidad. En general en la figura 1 es notorio que los estados del Golfo de México y Caribe y los del Noroeste de México, con excepción de Baja California, la peligrosidad supera a la vulnerabilidad socioambiental costera. Es decir, que en estos estados las variables físicas prevalecen en su aportación al índice de riesgo, y esto es claro porque en ellos hay más costas (noroeste de México) o más huracanes y tormentas tropicales (Golfo de México – con la excepción de Veracruz - y Caribe). En cambio en los estados pequeños del Pacífico sur, de costas de menor longitud, y Veracruz con muchas bahías y lagunas, y con poblaciones más marginadas y densamente poblados, la vulnerabilidad domina sobre la peligrosidad natural de sus costas.

La aplicación del índice en la construcción de una costa mexicana sustentable propiciaría la atención a disminuir la vulnerabilidad de los estados costeros del Pacífico sur y Veracruz y a limitar el crecimiento de desarrollos turísticos y portuarios en los estados del Golfo de México y Baja California, ya que esto conlleva a aumentar el riesgo donde ya es alto el IRC. Diferenciar entre vulnerabilidad y peligrosidad es importante en la planeación, ya que la vulnerabilidad puede manejarse: depende totalmente de voluntades políticas y acciones netamente humanas, con tomadores de decisiones nacionales y algunas de ellas con soluciones en cortos y medianos plazos; mientras que la peligrosidad natural costera de un estado o municipio es algo que debe asumirse como limitante para el desarrollo sustentable de las costas. En estos estados es importante aplicar medidas adaptativas al cambio climático que permitan evitar el aumento del riesgo ya provocado y usarse como ejemplo de lo que no conviene repetir.

Sin embargo, en otra escala más fina, cada estado tiene su propia diversidad, no todos los municipios de un estado con IRC alto tienen todos sus municipios con un IRC igualmente alto. En la Gráfica 1, es importante visualizar que casi la mitad (54%) de los municipios están debajo de la media y casi la otra mitad (46%) arriba de la media del IRC, lo que quiere decir, es que estamos a medio camino y es el momento de decidir si queremos aumentar el riesgo costero nacional, o reconsiderar y mejor aunar esfuerzos para revertirlo.

Ocho de los 17 estados tienen aproximadamente la mitad de municipios con IR abajo del promedio y la otra mitad con IR arriba de la media (0.53), destacan Jalisco y Sonora sin un solo municipio arriba del IR promedio. Preocupante es que Tamaulipas y Veracruz, que tienen la mayoría de municipios con IRC arriba de la media (89% y 71% respectivamente), en ambos estados hay proyectos de crecimiento de sus puertos y desarrollos turísticos y habitacionales en las costas que seguramente incrementarán el riesgo costero estatal (Pérez Villegas y Arrascal, 2000).

Es interesante notar que hay municipios con altísimo riesgo costero en los estados de Veracruz y Quintana Roo, donde se siguen promoviendo los proyectos portuarios y de desarrollos inmobiliarios turísticos; pero también en los estados con riesgo costero

medio como Sinaloa, Campeche y Baja California Sur. De ser los desarrollos como los conocemos hasta ahora (Cancún, Los Cabos), estos estados pasaran a acompañar la lista de estados de IRC alto en un futuro cercano.

Cabe mencionar los municipios con valores extremos. Seis de ellos: Ahome en Sinaloa, Felipe Carrillo Puerto en Quintana Roo, Ciudad del Carmen en Campeche, Boca del Río en Veracruz, Mulegé en Baja California Sur y Tijuana en Baja California, que tienen el IR más alto (de 9 a 1). Los municipios con menor IR (menor de 3), son Pitiquito en Sonora, San Miguel del Puerto en Oaxaca, Acaponeta en Nayarit, Los Cabos en Baja California Sur, Cabo Corrientes en Jalisco, San Ignacio en Baja California Sur, Playas de Rosarito en Baja California, Actopan en Veracruz y Dzizantún en Yucatán. Cada uno de ellos tienen un IRC alto o bajo por diferentes razones que serán explicadas cuando se hable de los indicadores de peligrosidad y vulnerabilidad.

El desglose y explicación de los subíndices con sus respectivos indicadores se explica a continuación.

Índice de peligrosidad costera (IPC)

Un estado o municipio (puede ser considerado) peligroso ante (los) efectos de cambio climático (cuando) tiene la mayor proporción de costa del país, la mayoría de las lagunas y bahías (AMIs) de México, una gran proporción de planicie costera y que proporcionalmente ha sido golpeado por más eventos hidrometeorológicos extremos (de cualquier intensidad en los últimos 150 años, NOAA, 2005). (Por lo tanto, si no tiene la mayor proporción de costa, ni la mayoría de AMIs, una gran proporción de planicie costera y con buena proporción de eventos no es peligroso).

El resultado muestra que Quintana Roo, Baja California Sur, Tamaulipas y Campeche son los estados que muestran mayor peligrosidad; aunque Tabasco, Yucatán, Sinaloa y Veracruz tienen peligrosidad arriba de la media nacional ($IP=0.35$). En cambio, los estados del Pacífico sur son los menos peligrosos ante efectos del cambio climático, se espera que los proyectos de Nayarit (Litibú, El Capomo y La Peñita), de Sinaloa (Escuinapa –Teacapan) de Jalisco cerca de Chamela y de Pto. Peñasco, Sonora, que tienen IPC bajo, el desarrollo de los proyectos turísticos se lleve a cabo de manera que no aumenten la vulnerabilidad socioambiental de sus municipios donde se realizarán. Menos aceptables nos parecen los proyectos en los municipios más peligrosos ante eventos de cambio climático como son los de Felipe Carrillo Puerto en Quintana Roo que es donde está creciendo el proyecto de Riviera Maya y en Mulegé que es donde hay proyectos enormes de segundas residencias para extranjeros (corredor Loreto-Puerto Escondido).

Subíndice de Peligrosidad Física (SIPF)

Se eligieron indicadores de peligrosidad basados en características físicas de la costa. Estos tres indicadores representan elementos ecosistémicos que han sido utilizados para zonificar áreas costeras y marinas (Escofet, 2004; Espejel y Bermúdez, 2009; Ortiz y Méndez, 1999). Así, en nuestros términos, el estado más peligroso físicamente

hablando, es aquel que tiene más costa, más proporción de planicie costera, más lagunas, esteros y bahías.

Indicador: Longitud de la línea de costa (km)(l)

Consideramos que el estado flanqueado por mayor longitud de costa¹ es, obviamente, el más costero. Así, Baja California Sur, es el estado más costero del país. La mayoría de los estados mexicanos tienen una costa de tamaño medio (entre 1100 y 2300 km) pero los estados del Pacífico Sur, y Tabasco y Yucatán tienen una línea de costa corta (inferior a 600 km). Los municipios con costa más larga (de más de 1000 km) son: Mulegé, Baja California Sur con 1831 km, Ensenada, Baja California con 1606 km, Comondú, Baja California Sur con 1247 km y Ciudad del Carmen, Campeche con 1099 km; los municipios con costa más corta (menos de 2 km) son Martínez de la Torre, Veracruz con 1.8km, San Pedro Huilotepec, Oaxaca con 0.5 km, Villa Comaltitlán, Chiapas con 0.3km y Tampico, Tamaulipas con 0.2km.

Indicador: porcentaje del área municipal en la planicie (p)

Este indicador nos parece que reflejaría la susceptibilidad de un municipio costero a las inundaciones que pudieran ocurrir al haber más lluvias, o al elevarse el nivel del mar. Hay cinco grupos de estados cuyos extremos son los estados de la península de Yucatán y Tabasco donde toda la costa una planicie, en parte los estados de Veracruz y Tamaulipas, y en el extremo contrario los estados montañosos de la península de Baja California, Michoacán, Jalisco y Guerrero. Noventa y seis municipios tienen del 90 al 100% de su superficie en la planicie (Medellín en Veracruz es el más plano de todos) y sólo diez tienen menos del 25% de su superficie plana (San Miguel del puerto en Oaxaca es el municipio con menor superficie en la planicie-12.24%).

Indicador: Número de aguas marinas interiores por estado (a).

Las aguas marinas interiores fueron elegidas por Escofet (2004) y Espejel y Bermúdez (2009) como un elemento para la regionalización de las costas mexicanas, porque incluyen bahías y lagunas lo que aumenta la superficie marina en contacto con la terrestre. En la lógica del subíndice SIPC esto necesariamente aumenta la peligrosidad de un municipio ante eventos de cambio climático porque en parte, aumentan la superficie terrestre en contacto con el mar, pero también porque en estos cuerpos de agua suceden los procesos costeros más importantes, como es su función como reservorio del caudal de los ríos (el cual aumenta con las lluvias inundando las planicies costeras y acarrea los sedimentos que alimentan las playas arenosas circunvecinas). Este indicador clasifica a los estados en cuatro grupos, cuyos extremos son Veracruz y Baja California Sur con más de 35 cuerpos de agua costeros mientras que Michoacán y Colima tienen diez veces menos entradas de mar (lagunas, esteros, bahías o caletas) o

¹ La línea de costa siendo un rasgo fuertemente dependiente de la escala cartográfica (Espejel, 2004, Beer, 1996) , cabe mencionar que los datos de longitud de costa fueron calculados a partir de cartografía a escala 1:2500,000 del INEGI, por lo que los datos resultaran superiores a valores que suelen manejarse a nivel nacional por considerar una escala mas chica.

AMIs. Los municipios con más AMIs son Ensenada, Baja California con 22 y Mulegé, Baja California Sur con 16, le sigue La Paz, Baja California Sur con 9 y luego son 20 municipios con 3-5, 113 municipios tienen una o dos AMIs y 33 no tienen AMIs.

Subíndice de Peligrosidad climatológica (SIPC)

Está compuesto por un sólo indicador pero que es el más utilizado por su evidencia para representar los cambios climáticos en la costa.

Indicador: Frecuencia de eventos meteorológicos (em)

Se refiere al número de veces que un municipio ha sido golpeado por un evento hidrometeorológico en los últimos 150 años (de acuerdo a la base de datos de la NOAA (2005); se consideraron ocho categorías desde baja presión tropical hasta huracán categoría 5, y se ponderaron por las categorías. Resultan tres grupos donde Quintana Roo prevalece como el más afectado con cerca de 1200 eventos de todo tipo. En el sur del país y Baja California Sur el rango es medio mientras que Chiapas y Baja California son los menos afectados.

Los cinco municipios más afectados con más de 200 eventos son: Othón P. Blanco, Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo, Ahome, Sinaloa, Soto La Marina y San Fernando, Tamaulipas. Diez municipios del Golfo de México y Caribe y dos de Baja California Sur han tenido entre 100 y 195, 22 municipios entre 50 y 99, y solo 15 municipios que no han tenido un sólo evento en la historia registrada o muy pocos (Lerdo de Tejada, Agua Dulce, Pajapan y Puerto de Veracruz, Veracruz; Empalme, Sonora, Santiago Tapextla y Santa María Xadani, Oaxaca; Acaponeta, Nayarit, Benito Juárez, Guerrero, Villa Comaltitlán, Tonalá, Tapachula, Suchiate, Huixtla y Mazatlán, Chiapas).

Índice de Vulnerabilidad Socioambiental Costera (IVSC)

Los estados más vulnerables por su densidad poblacional, marginación y que viven en sitios con costas desprotegidas por haber perdido su vegetación natural costera, son Michoacán, Veracruz, Baja California y Guerrero, aunque Colima, Tamaulipas, Oaxaca y Chiapas están arriba del promedio del IVSC (0.32).

Indicador. Población en el 2005 en la planicie (pob).

Este indicador es con el que podemos medir el efecto “humano” del cambio climático y hacer escenarios del IRC.

Tijuana, Baja California, es el municipio con más población (1,341,842) y le sigue Mexicali, Baja California (855,946) pero las ciudades de estos dos municipios no tienen una gran proporción de su población viviendo junto al mar. En Tijuana, una colonia de toda la población (Playas de Tijuana) es la que realmente aportaría a la vulnerabilidad costera. Le siguen Culiacán, Sinaloa (789,782), Acapulco de Juárez, Guerrero (679,603), Benito Juárez, Quintana Roo (573,316) y Veracruz, Veracruz (511,074) que realmente si son municipios con ciudades costeras. Municipios de 300 a menos de 500,000 habitantes son Matamoros y Tampico en Tamaulipas, Mazatlán y Ahome en Sinaloa,

Ensenada en Baja California y Cajeme en Sonora. Veinticinco municipios tienen entre 100 y 300, 000 habitantes, 103 municipios son de entre 10,000 y 100,000 habitantes y 29 son de menos de 10,000; los menos habitados son San Felipe y Telchac Puerto, Yucatán con 1,867 y 1,626 respectivamente y San Miguel del Puerto, Oaxaca con 1,621 habitantes.

Indicador. Densidad poblacional en la planicie (habitantes por km²) (dp)

Este indicador refleja la vulnerabilidad social en la franja costera y es con el anterior y este que pueden hacerse las proyecciones y los escenarios futuros que interesan en este capítulo. Al analizarlo encontramos que hay tres grupos de estados vulnerables por su densidad poblacional en la planicie (la media de los estados costeros es de 46 habitantes por km² y de 52 la nacional). Guerrero y Colima con el rango alto de 161 y 172 habitantes por km² respectivamente, la mayoría son estados de entre 50 y 125 hab/km² y sólo cinco estados tienen una vulnerabilidad poblacional baja de menos de 30 hab/km² (BCS, Yucatán, Sonora, Campeche, Quintana Roo, Nayarit).

El municipio más densamente poblado es: Tijuana, Baja California (4,226 hab/km²), le sigue Ciudad Madero, Tamaulipas con (4,169 hab/km²) y Boca del Río, Veracruz con 3,672.23 hab/km². Le siguen Tampico, Tamaulipas con 2,620 hab/km² y Veracruz, Veracruz con 2,113 hab/km². Coatzacoalcos, Veracruz, Acapulco de Juárez, Guerrero, Puerto Vallarta, Jalisco, Salina Cruz, Oaxaca y Tapachula, Chiapas, que son municipios con ciudades importantes, tienen entre 430 y 970 hab/km². Treinta y seis municipios tienen densidades menores de 20 habitantes por km²: los que sólo tienen de 2 a 4 hab/km² son: San Felipe en Yucatán, Soto La Marina en Tamaulipas, Palizada en Campeche, Caborca en Sonora, Mulegé en Baja California Sur y Pitiquito en Sonora.

Indicador: Marginación por localidad promedio en la franja estatal (m)

El indicador de vulnerabilidad social que representa la pobreza indica que sólo los estados de la península de Baja California tienen un nivel de marginación medio, el resto caen en el rango de marginación alto, siendo Oaxaca, Guerrero, Michoacán y Chiapas los estados que tienen las poblaciones más vulnerables por su marginación. Los municipios más marginados son: San Felipe, Yucatán; Santo Domingo Armenta, Santiago Tapextla, Santa María Xadani, San Miguel del Puerto, San Mateo del Mar, Santiago Pinotepa Nacional y Santa María Tonameca en Oaxaca; Mecayapan y Pajapan, Veracruz; Cuajinicuilapa, Azoyú, Copala San Marcos y Florencio Villarreal, Guerrero y Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo.

Indicador: Porcentaje de suelo transformado en una franja de 2km (INF 2000) (st)

La vulnerabilidad ambiental que ha sido ocasionada por haber eliminado en la franja de 2 km ecosistemas y tipos de vegetación claves para la protección costera se reflejó en cinco grupos: cinco estados del sur de México (Veracruz, Michoacán, Colima, Tabasco y Guerrero) han transformado más del 50% de la franja costera, Nayarit y Chiapas han transformado la tercera parte de su costa, Jalisco, Oaxaca, Campeche, Tamaulipas, Sinaloa y Baja California entre el 20 y 25% de la costa ha sido transformada y solo cuatro

estados (Baja California Sur, Sonora, Yucatán, Quintana Roo) sólo han transformado menos del 10% de su superficie ya que los proyectos de desarrollo estaban muy concentrada en una ciudad o puerto como sería el caso de la península de California y Quintana Roo (con datos del 2000, antes de los proyectos de ampliación del corredor de Los Cabos y de la Riviera Maya, respectivamente, o más recientemente de Puerto Peñasco en Sonora). Hay 11 municipios que han perdido casi el 100% de su vegetación natural: Mecayapan, Papantla , Nautla, San Andrés Tuxtla, Tatahuicapan de Juárez, Cazonas, Agua Dulce, Catemaco y Pajapan en Veracruz y Coahuayana en Michoacán y San Pedro Huilotepec en Oaxaca. Son 24 municipios que han transformado su suelo del 60 al 89% (la mitad de Veracruz). Otros 18 municipios solo tienen de la mitad al 70% de su vegetación original. Se contabilizaron 25 municipios como los que, a esta escala del trabajo y en la comparación con los otros municipios costeros del país, solo han transformado el 1% o menos de su vegetación, los que se reportan con menores pérdidas son Ixil, Hunucmá; Tantima, Veracruz; Bécum y San Ignacio Río Muerto, Sonora; Santo Domingo Zanatepec, Oaxaca; Rosamorada, Nayarit; Tenabo, Palizada, Hecelchakán y Calkiní, Campeche.

Lecciones Aprendidas

Para responder las preguntas ¿Cuáles serán los efectos y su extensión en las poblaciones costeras mexicanas ante el cambio climático?, 2. ¿Cuáles son las poblaciones costeras con mayor riesgo ahora y que tendría que pasar para que aumente la vulnerabilidad ante el cambio climático en México?, y 3. ¿Cuáles son las proyecciones poblacionales en las regiones con mayor peligrosidad ante efectos del cambio climático? es necesario analizar los datos de crecimiento poblacional proyectado para el 2030 (Partida Bush, 2008), de donde seleccionamos los municipios de las costas mexicanas, y relacionarlo al índice de vulnerabilidad socioambiental.

Gutiérrez-MacGregor y González Sánchez (1999) muestran que la rapidez de crecimiento de la población urbana en las costas ha sido mayor que la total urbana del país y que en las planicies costeras hay 27 ciudades muy grandes y grandes (de 500 mil a menos de un millón y 100 mil a menos 500 mil habitantes respectivamente) y aunque no todas se ubican frente al mar (Seingier et al, 2009), en efecto ejercen una presión sobre el territorio costero al aumentar la demanda por casas de veraneo, áreas de recreación en playas o, si son industriales o fronterizas, los puertos juegan un papel importante en el crecimiento poblacional.

Muy impresionante es el crecimiento de las ciudades pequeñas y muy pequeñas (15 mil a menos de 50 mil y 10 mil a menos de 15 mil habitantes respectivamente). Según estos autores, en 1900 se registraron tan sólo nueve localidades de ambos tipos con una población total de 166, 915 habitantes y en 1995 ya había 134 ciudades pequeñas y muy pequeñas donde habitaban más de dos millones y medio de habitantes. Entre 1970 y 1995 casi se duplicó tanto la población como el número de ciudades muy pequeñas y pequeñas en las planicies costeras del país.

La tendencia continúa pero no es igual para todos los municipios ya que algunos han decrecido, resultando de la emigración a las ciudades y a Estados Unidos. Según Delgado *et al* (en prep.), entre 1990 y 2005, 19 municipios costeros mostraron un crecimiento superior al 50% pero 44 muestran un decrecimiento. De estos últimos, en 13 municipios, el decrecimiento fue superior al 10%. Sobresalen situaciones particulares, como el estado de Veracruz, con un decrecimiento poblacional en 19 de sus 29 municipios costeros y cinco de ellos superiores al 10%. Otro caso es Nayarit, en donde cinco de sus siete municipios presentan decrecimiento y Guerrero, con un municipio que decreció en más del 50% de su población. En contraste, se tiene el municipio de Los Cabos, BCS, el cual se encuentra dentro de los cinco estados con mayor índice de riesgo costero, cuyo porcentaje de población aumentó en más de un 250% y el de Benito Juárez en Quintana Roo, con el 200%. Se tienen municipios en otros estados como Santa María Huatulco, Oaxaca, con un crecimiento de 162% y Bahía Banderas, Nayarit, con 110%, cuyo porcentaje en su crecimiento poblacional adquiere relevancia social y económica pero dado los proyectos de desarrollo turístico y nuevas zonas habitacionales, también son focos rojos para atender la planeación para enfrentar el cambio climático.

El tema de crecimiento poblacional costero se torna relevante cuando vemos las cifras que se proyectan para México en el 2030 (Partida Bush, 2008). En el 2005 se contaron 103,946,866 habitantes y se proyectan un crecimiento de 16% para el 2030 para tener una población de 120,928,975 habitantes. Se calcula, que el porcentaje de población en los estados costeros pasará de 35% (en 2005) a 39% en 25 años. Sin embargo, el incremento poblacional de los municipios costeros con respecto a toda la República Mexicana se proyecta en más del doble (pasa de 16% de la población total mexicana a 39%).

Si comparamos la población de los municipios costeros del 2005 con las proyecciones de población para 2030 (Partida Bush, 2008) encontramos tres estados con alto crecimiento: el número de habitantes de los municipios costeros de Quintana Roo se duplicará antes del 2030, mientras que los de Baja California y Baja California Sur casi doblarán su población (121, 78 y 68 % respectivamente de crecimiento en 2030 con respecto a 2005). Por el otro lado tenemos cuatro estados donde sucede un decrecimiento poblacional. Se proyecta haber perdido en 2030 un habitante de cuatro que vivían en los municipios costeros de Guerrero en 2005. Para Michoacán, Chiapas y Nayarit también se proyecta un decrecimiento con respeto a 2005 de 24, 20 y 12 % de la población (Tabla 2).

Este decrecimiento de los municipios costeros sigue el mismo patrón que la población estatal para los cuatro estados del Noroeste, para Colima, Tamaulipas, Veracruz y Quintana Roo, sin embargo vemos algunos casos que se destacan por ser diferentes: Chiapas pierde 20% de su población costera mientras que su estado crece 23%; Nayarit pierde 12 % de su población costera mientras que su estado crece 3%; en Guerrero y Oaxaca el decrecimiento poblacional es el doble en los municipios costeros que en todo el estado. Las costas de Jalisco atraen la población, más que su estado en general (35

contra 15% de crecimiento entre 2005 y 2030). Si bien en 2005 la población de los municipios costeros era el 35% de la población de los estados costeros, se proyecta que aumentará en 2030 al 39%). Al comparar la población de los municipios costeros con la población de la república mexicana, vemos que si bien en 2005 los casi 17 millones solamente representaban 16 % de los 104 millones de Mexicanos, en 2030 se proyecta que más de 47 millones (39 %) de los 120 millones de mexicanos

En la tabla 1 se pueden ver las cifras proyectadas para el 2030 para los municipios con más IRC y menos IRC. Los estados con mayor crecimiento son aquellos que han apostado en el desarrollo de nuevas ciudades costeras cuyo sector es principalmente el turístico y quizás en el futuro habría que considerar también las ciudades que crecen por el sector industrial portuario (Veracruz, Cd. Madero, Manzanillo, y nuevos puertos proyectados como Colonet en Baja California).

Destaca mencionar el proyecto de la Riviera Maya, en los municipios de Felipe Carrillo Puerto, uno de que resultan con mayor IRC, pero que su población esta decreciendo; de la misma manera, Boca del Río en Veracruz proyecta un crecimiento basado en construcciones junto al mar, a pesar de haber sufrido inundaciones que hacen más vulnerable a su población. Tijuana tiene uno los porcentajes de crecimiento mayores (93%) no lo discutimos porque la mayor parte de su población no vive junto al mar, pero aun así, las sequías conllevaran incendios y las fuertes lluvias, aunque suceden muy escasas veces, serán torrenciales y los arroyos, donde vive gran parte de la población, seguirán siendo un problema (Bocco et al., 1993). El ejemplo más reciente es en Tabasco y el municipio de Centla, es uno de los que tienen más IRC y más crecimiento proyectado para el 2030 (14%).

Los municipios de Solidaridad y Benito Juárez en Quintana Roo tienen proyectado un crecimiento impresionante (425 y 125 respectivamente), es posible que este no sea así dado que el proyecto Cancún está en fase de un cambio, donde se estabiliza el turismo y se construye otro modelo que es para residencias de segundo hogar que generan menos calidad social (Hiernaux-Nicolas, 2005).

De los 38 municipios costeros que están decreciendo 10% son de Veracruz, uno de los estados con más IRC del país, ¿será que el IRC se revierta a favor de un estado más sustentable? Habrá que analizar qué pasa con Papantla, Veracruz donde los proyecta es decreciente (37%, el penúltimo en decrecer), y es también el segundo de los que más vegetación natural transformó (99.9%) aunque es un municipio con poca costa (11 km) ¿se recuperará la vegetación porque se fue la gente?, si se recupera, ¿disminuirá su IRC?

A pesar de que el gobierno mexicano gastó casi todos sus fondos de atención a desastres en Cancún cuando el huracán Wilma y otro tanto en el sureste cuando el huracán Stan (Colmex, 2007) y recientemente en Tabasco y Veracruz, se insiste en desarrollar las costas con modelos idénticos de construcción tanto de nuevas y largas ciudades turístico-residenciales con frente de mar y enormes puertos de carga en ciudades industriales. Por lo tanto, no se proyecta un escenario futuro diferente, de

hecho será peor, ya que aumentará la población vulnerable a los efectos del cambio climático la cual vivirá en sitios peligrosos por lo que habrá más municipios con mayores índices de riesgo costero.

Futuro

La estrategia nacional para el cambio climático ya existe, de aplicarla, propiciaría que no se incremente el número de municipios con riesgos ante eventos de cambio climático, sin embargo, si se consultan las páginas de sector los desarrollos programados no son diferentes de Cancún, Nuevo Vallarta, Los Cabos, etc.

Es importante que en la estructura institucional, se le dé prioridad a los municipios costeros. Muchos municipios han idealizado Cancún y promueven el desarrollo costero repitiendo los mismos errores. Parece que las lecciones que dejó Wilma en su paso por Cancún o el Stan en Chiapas y Oaxaca, no se aprendieron. Es improbable que el país sea capaz de solucionar en el futuro los problemas de cada uno de los municipios que aparecen con alto riesgo costero, sin un cambio en el paradigma de un crecimiento basado en lo económico y no en lo social y ambiental integradamente. Un mapa de riesgo costero se ha planteado como una necesidad urgente (Colmex, 2007), este capítulo hace una propuesta de riesgo costero acotada a los estados prioritarios marcando las prioridades de unos sobre otros en materia de *amenazas hidrometeorológicas y su capacidad de respuesta o adaptación al cambio*.

Es importante que la asociación de municipios costeros conozca el diagnóstico actual del país y que se construyan alianzas entre aquellos que comparten prioridades de riesgo costero y que se difundan las lecciones aprendidas.

Es urgente diseñar y actualizar los ordenamientos costeros del país ya que son el instrumento preventivo con el que cuenta México para hacer frente a los impactos previsibles del cambio climático. Un mapa de riesgo como el que aquí se presenta podría ser la base de un ordenamiento costero nacional.

Es urgente incorporar la Evaluación Ambiental Estratégica para planes y programas sectoriales, especialmente los de turismo costero, donde se visualicen escenarios específicos que consideren los efectos previsibles del cambio climático.

Si se están construyendo más municipios en riesgo costero, es importante revisar las políticas y prioridades de asignación del gasto público para enfatizar la prevención, no sólo medidas de comando y control. Es posible que al visualizar el tamaño de estos gastos se propicien más acciones preventivas que reduzcan la vulnerabilidad y disminuyan el riesgo y se generen estrategias de adaptación en los planes de desarrollo regional, estatal y municipal.

Por último, es importante aprender del error. En muchos países, además de México, se tienen cientos de lecciones aprendidas. Para esto, es de suma importancia el diseño de una estrategia de comunicación y educación para generar acciones preventivas y correctivas.

Si se mira fríamente, el mapa de riesgo costero todavía no muestra un país con una gran proporción en riesgo costero, pero es urgente cambiar los paradigmas del desarrollo costero para que no lo transformemos en uno.

Literatura citada

- Beer, T. 1996. Environmental Oceanography. CRC Press, Boca Ratón, 367 pp
- Bird, E.C.F. 1993. Submerging coasts: the effects of a rising sea level on coastal environments. John Wiley and Sons, Chichester.
- Bocco, G., Sánchez R., y Riemann, H. 1993. Evaluación del Impacto de las Inundaciones en Tijuana. Uso Integrado de Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota", Frontera Norte, Vol.10, 1993, pp.53-83
- Cazenave, A. y Nerem R.S. 2004. Present-day sea level change: observations and causes. Reviews of Geophysics. 42 1-20
- Church, J.A. y White N.J. 2006. A 20th century acceleration in global sea-level rise. Geophysical research letters, 33 1-4
- Colmex- Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales Programa de Estudios Avanzados en Desarrollo Sustentable y Medio Ambiente (LEAD-México). 2007. Evaluación del fondo de desastres naturales (FONDEN) en el ejercicio 2006. Reporte técnico a SEGOB. http://www.gobernacion.gob.mx/FONDENDocs/RESUMEN_EJECUTIVO_FONDEN_2006.pdf
- Cooper, J.A.G. y Pilkey O.H. 2004. Sea-Level rise and shoreline retreat: time to abandon the Bruun Rule. Global and Planetary Chang 43 157-171
- Córdova y Vázquez A., Rosete Vergés, F., Enríquez Hernández, G. y Fernández de la Torre, B. (en prensa). Regionalización de los mares de México. Instituto Nacional de Ecología. Mexico, D.F.
- Delgado-González, O.E., Jiménez, J.A., J., Espejel, I., Ferman-Almada, J.L., Martínez-Díaz de León, A., Mejía-Trejo, A., y Seingier, G. (en prep.). Mexican Coasts Aquacultural potencial.
- El Colegio de Economistas. 2009. http://www.exonline.com.mx/diario/noticia/dinero/economia/llama_colegio_de_economistas_a_crear_nuevas_ciudades/559733
- Escofet. 2004. Aproximación conceptual y operativa para el análisis de la zona costera de México: un enfoque sistémico-paisajístico de multiescala. Tesis de doctorado. UABC. 276 pp.
- Espejel, I. y R. Bermúdez. 2009. Propuesta para la regionalización de los mares mexicanos. En: Córdova, A., F. Rosete V., G. Enríquez Hernández y B. Fernández de la Torre (Eds). 2006. Planeación Territorial. Ordenamiento Ecológico Marino. Visión Temática de la Regionalización. INE, SEMARNAT, México.
- Gornitz, V., Couch S. y Harting E.K. 2002. Impacts of sea level rise in the New York City metropolitan area. Global Planet Change 32 61-88.
- Gutiérrez de MacGregor, M.T. y González Sánchez J. 1999. Las costas mexicanas y su crecimiento urbano. Investigaciones Geográficas. Diciembre. Boletín 40, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal. pp. 110-126.
- Hiernaux-Nicolas D. 2005. La promoción inmobiliaria y el turismo residencial: el caso mexicano. Scripta Nova . Revista electrónica de geografía y ciencias sociales.

- Barcelona: Universidad de Barcelona, Vol. IX, núm. 194 (05), <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-194-05.htm>
- INEGI. 2006. II Conteo de Población y vivienda. Resultados definitivos 2006.
- IPCC. 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC, Ginebra, Suiza 104.
- Jáuregui, E. 2003. Climatology of landalling hurricanes and tropical storms in México. *Atmósfera* 193-204.)
- Komar, P. 1998. Beach processes and sedimentation (second ed.). Upper Saddle River, N.J. USA: Prentice Hall
- Leatherman, S.P., Zhang K. y Douglas B.C. 2000. Sea-Level rise shown to drive coastal erosion. *EOS* 81 55-57.
- Leatherman, S.P. 2001. Social and economic costs of sea level rise. In: Douglas, B.C., Kearney, M.S. Leatherman, S.P. (Eds.), *Sea-Level Rise, History and Consequences: International Geophysics Series*, vol. 75. Academic Press, NY 75. 181-223.
- León C. 2004. Piezas de un rompecabezas: dimensión socioeconómica de las costas de México. En: Arriaga E, Azuz I, Villalobos G. *El Manejo Costero en México*. México: Centro EPOMEX, Universidad Autónoma de Campeche, p. 5-26.
- Leuliette, E.W., Nerem R.S. y Mitchum G.T. 2004. Results of TOPEX/Poseidon and Jason-1 calibration to construct a continuous record of mean sea level. *Marine Geodesy* 27 12. 79-94.
- McGranahan, G., Balk D. y Anderson B. 2007. The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environment & Urbanization* 19 1. 17-37.
- Martínez M.L , Gallego-Fernández J.G. García-Franco J, Moctezuma C y Jiménez C. 2006. Assessment of coastal dune vulnerability to natural and anthropogenic Disturbances along the Gulf of Mexico. *Environmental Conservation* 33 (2): 109–117.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2005. Historical North Atlantic and East-Central North Pacific Tropical Cyclone Tracks, 1851-2004. NOAA's Ocean Service, Coastal Services Center (CSC). Online: http://www.csc.noaa.gov/hurricane_tracks
- Nerem, R.S. y Mitchum G.T. 2001. Observations of sea level change from satellite altimetry. in *Sea Level Rise: History and Consequences*. edited by B.C. Douglas, M.S. Kearney y S.P. Leatherman. Academic, San Diego, Calif. pp. 121-163.
- Nicholls, R. J. y Leatherman S.P. 1996. Adapting to sea level rise: Relative sea-level trends to 2100 for the United Sates. *Coastal Managment* 24 301-324. Partida Bush, Virgilio (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. ISBN: 970-628-933-X
- Ortiz, M.A. y Méndez, A.P., 1999. Escenarios de vulnerabilidad por ascenso del nivel del mar en la costa mexicana del Golfo de México y el Mar Caribe. *Investigaciones Geográficas*; 68-81.

- 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. ISBN: 970-628-933-X.
- Pérez Villegas, G., E. Arrascal. 2000. El desarrollo turístico en Cancún, Quintana Roo y sus consecuencias sobre la cubierta vegetal. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. Núm. 43, 2000, p p 145.166
- Seingier, G., Espejel, I. y Ferman, J.L. 2009. Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. Investigación ambiental. Ciencia y política pública. [Online] 1:1.
- SEMARNAT-INE, 2006. Hacia una Estrategia Nacional de Acción Climática. 2006. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/politica_ambiental/cambioclimatico/Pages/estrategia.aspx
- SEMARNAT, 2007a. Estrategia nacional de cambio climático. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. Secretariado Técnico de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático; http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/politica_ambiental/cambioclimatico/Pages/estrategia.aspx
- SEMARNAT, 2007b. Estrategia Nacional para el Ordenamiento Ecológico del Territorio en Mares y Costas. Colección Legal. Semarnat. 33 pp.
- World Bank, Marzo, 2009. <http://econ.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTDEC/EXTRESEARCH/XTWDRS/XTWDR2010/0,,menuPK:5287748~pagePK:64167702~piPK:64167676~theSitePK:5287741,00.htm>

Figuras y tablas del artículo 2

- Figura 1. Promedios estatales de los índices municipales de riesgo: contribución de la peligrosidad y de la vulnerabilidad al índice de riesgo
- Figura 2. Índices municipales de riesgo
- Gráfica 1. Datos de los 169 municipios costeros agrupados en los 17 estados. El punto negro es el promedio estatal del índice de riesgo y la línea marca el promedio de 0.53 de IR municipal
- Tabla 1. Para cada estado, municipios con valores extremos del índice de riesgo
- Tabla 2. Población (2005, 2030) en los estados costeros y en los municipios costero en base a proyecciones de Partida Bush (2008)

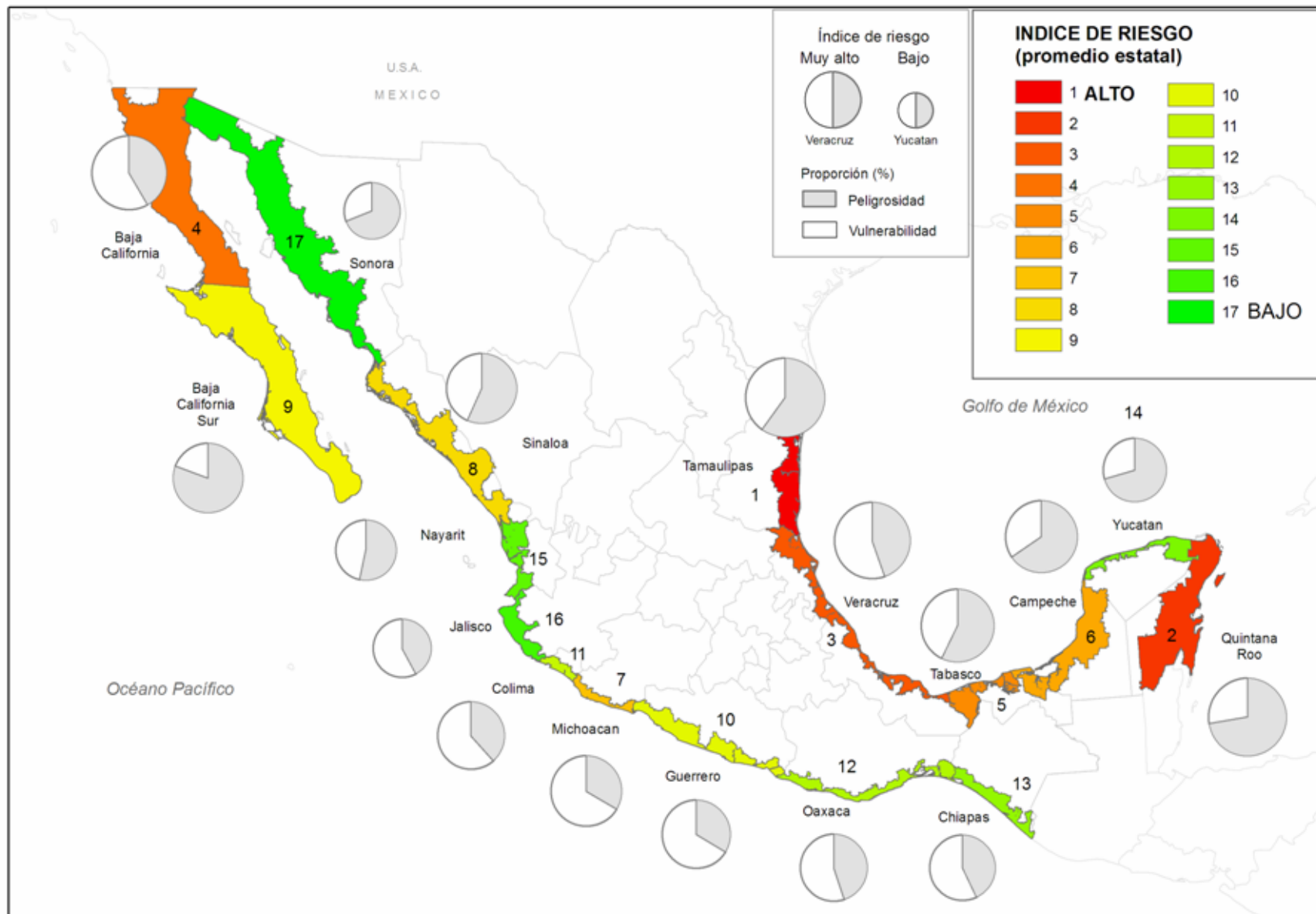


Figura 1. Promedios estatales de los índices municipales de riesgo: contribución de la peligrosidad y de la vulnerabilidad al índice de riesgo.

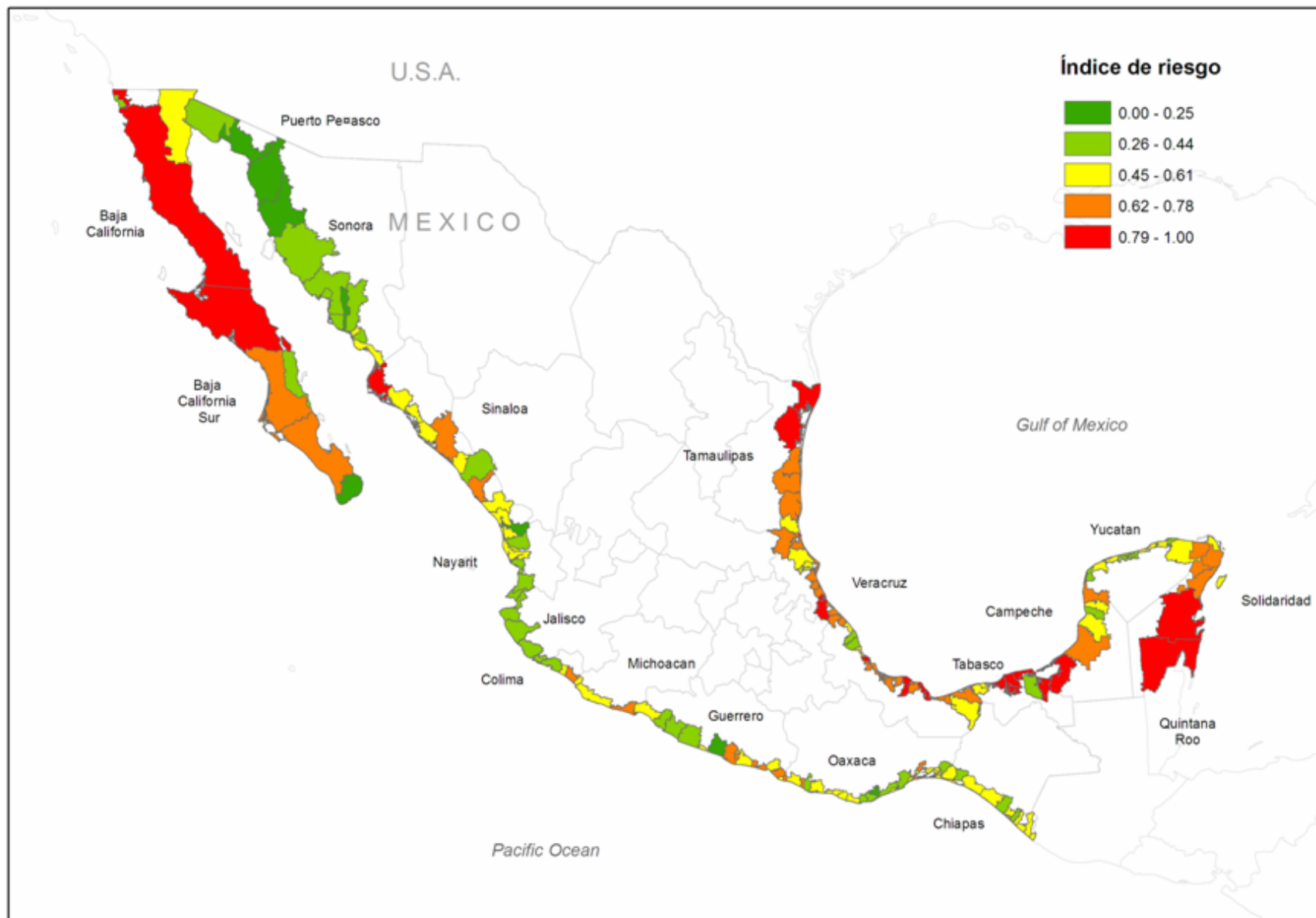
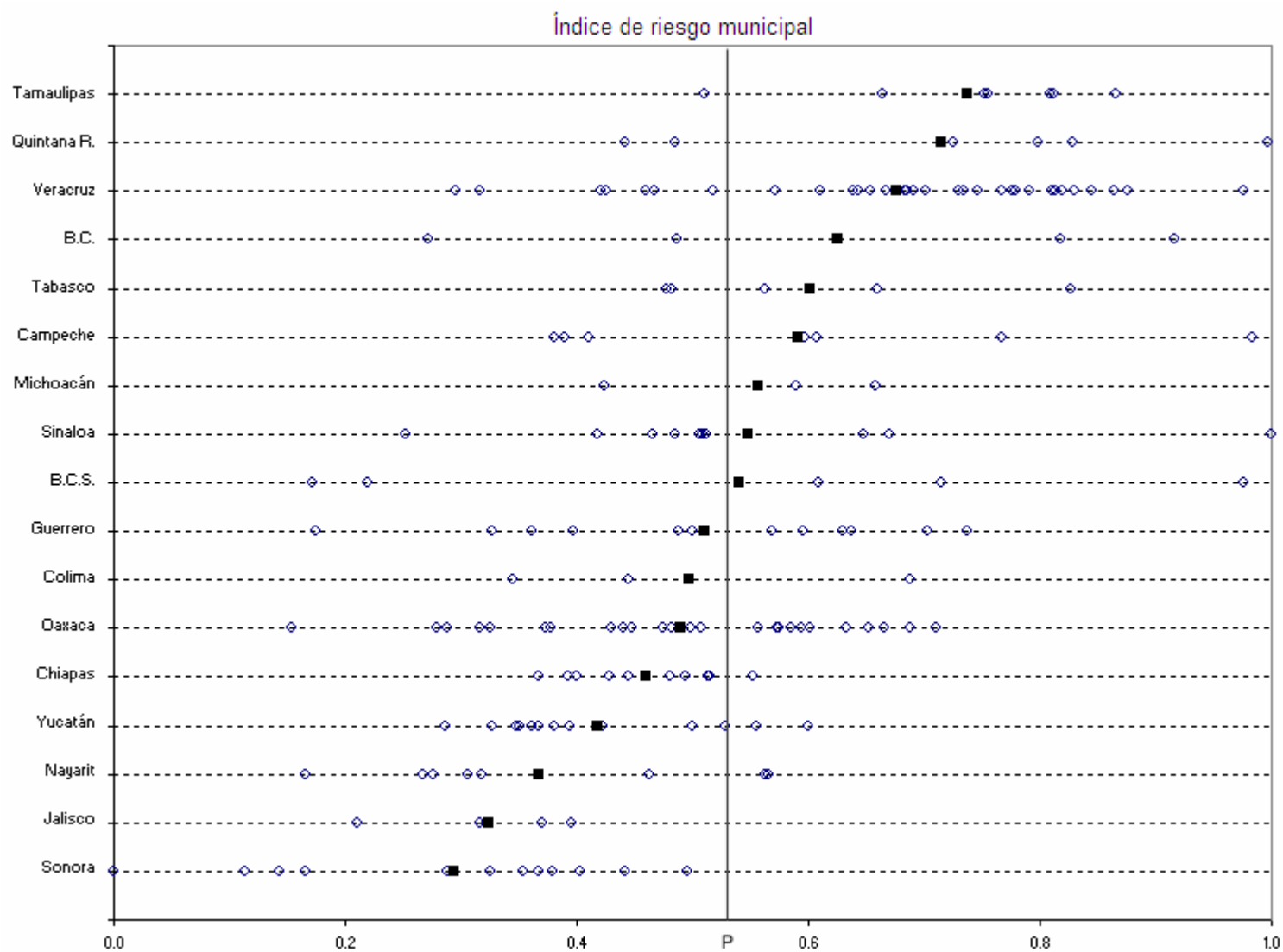


Figura 2. Índices municipales de riesgo.



Gráfica 1. Datos de los 169 municipios costeros agrupados en los 17 estados. El punto negro es el promedio estatal del índice de riesgo y la línea marca el promedio de 0.53 de IR municipal.

Estado (numero de municipios costeros)	Municipio con IR mas alto					Municipio con IR mas bajo				
	Valor del IR	Nombre del municipio	Ciudad mas importante en 2005 en el municipio (población 2005)	Población en la planicie en 2005 en el municipio	Población en la planicie en 2030	Valor del IR	Nombre del municipio	Ciudad mas importante (población 2005)	Población en la planicie en 2005	Población en la planicie en 2030
Tamaulipas (7)	0.87	Ciudad Madero	Ciudad Madero (193045)	193,045	199,194	0.51	Altamira	Cuauhtémoc (5496)	162,626	304,529
Quintana R. (7)	1.00	Felipe Carrillo Puerto	Felipe Carrillo Puerto (21530).	65,373	62,339	0.44	Cozumel	Cozumel (71401)	73,156	114,783
Veracruz (32)	0.98	Boca del Río	Veracruz (129416).	141,748	150,065	0.29	Actopan	Actopan (3898)	22,033	13,573
B.C. (4)	0.92	Tijuana	Tijuana 1286187	1,341,842	2,585,601	0.27	Playas de Rosarito	Ampliación Ejido Plan Libertador (4938)	68,233	196,303
Tabasco (5)	0.83	Centla	Frontera (21810)	90,946	103,879	0.48	Comalcalco	Comalcalco (39865)	174,841	189,418
Campeche (7)	0.98	Carmen	Ciudad del Carmen (154197).	199,897	329,729	0.38	Tenabo	Tenabo (6934)	9,049	11,022
Michoacán (3)	0.66	Lázaro Cárdenas	Ciudad Lázaro Cárdenas (74884)	161,626	123,339	0.42	Aquila	Aquila (1689)	12,175	11,094
Sinaloa (10)	1.00	Ahome	Los Mochis (231977).	390,544	487,957	0.25	San Ignacio	San Ignacio (4591)	17,770	11,019
B.C.S. (5)	0.98	Mulegé	Guerrero Negro (11894).	49,765	67,764	0.17	Cabos, Los	Cabo San Lucas (56811)	161,328	435,935
Guerrero (12)	0.74	Acapulco de Juárez	Acapulco (616394)	679,603	522,657	0.49	Coyuca de Benítez	Bajos del Ejido (5689)	49,575	39,558
Colima (3)	0.69	Tecomán	Tecoman (76166)	98,068	94,304	0.35	Manzanillo	Manzanillo (110728)	133,233	219,062
Oaxaca (25)	0.71	San Mateo del Mar	San Mateo del Mar (5291)	12,671	25,001	0.15	San Miguel del Puerto	Barra Copalita (1376)	1,621	1,015
Chiapas (10)	0.55	Acapetahua	Acapetahua (5375)	24,028	15,109	0.37	Villa Comaltitlán	Villa Comaltitlán (7972)	23,269	18,087
Yucatán (13)	0.60	Tizimín	Tizimín (44151)	67,835	95,838	0.29	Dzidzantún	Dzidzantún (8119)	8,167	8,564
Nayarit (8)	0.57	Tuxpan	Tuxpan (20561)	29,182	13,833	0.17	Acaponeta	Acaponeta (18066)	32,983	26,588
Jalisco (5)	0.40	Tomatlán	Tomatlán (7899)	29,256	18,041	0.21	Cabo Corrientes	Yelapa (715)	2,664	2,410
Sonora (13)	0.50	Huatabampo	Huatabampo (29276)	74,559	60,280	0.00	Pitiquito	Puerto Libertad (2823)	3,087	2,793

Tabla 1. Para cada estado, municipios con valores extremos del índice de riesgo,

	Municipios costeros			Estados costeros		
Estado	2005	2030	TC %	2005	2030	TC %
BCS	509,524	831,837	63	509,524	831,837	63
Sonora	1,740,576	2,096,175	20	2,413,074	2,841,311	18
Yucatan	184,288	218,346	18	1,826,750	2,388,286	31
Quintana Roo	1,097,426	2,421,695	121	1,130,652	2,450,833	117
Nayarit	407,203	357,766	-12	958,587	986,329	3
Campeche	611,840	830,938	36	758,987	967,262	27
Jalisco	312,760	422,937	35	6,782,676	7,787,954	15
Tamaulipas	1,237,322	1,481,485	20	3,035,926	3,824,091	26
Oaxaca	579,491	621,517	7	3,553,231	3,397,575	-4
Baja California	2,732,007	4,869,968	78	2,822,478	5,074,986	80
Tabasco	734,783	742,489	1	2,006,277	2,164,863	8
Sinaloa	2,219,973	2,261,494	2	2,632,273	2,608,651	-1
Chiapas	648,414	518,086	-20	4,312,067	5,290,229	23
Colima	262,120	335,461	28	569,727	733,205	29
Michoacan	199,562	150,784	-24	4,016,934	3,533,061	-12
Guerrero	1,159,512	861,179	-26	3,154,988	2,883,660	-9
Veracruz	2,197,521	2,256,588	3	7,201,126	7,362,776	2
Total:	16,834,322	21,278,745		47,685,277	55,126,909	

Tabla 2. Población (2005, 2030) en los estados costeros y en los municipios costero en base a proyecciones de Partida Bush (2008)

Artículo 3

**Diseño de un índice integral de evaluación de orientación
costera municipal. Análisis comparativo de los municipios
mexicanos**

**(Design of an integrated evaluation index of municipal
coastal orientation. Cross-comparison of Mexican
municipalities)**

Para ser enviado a la revista

Ecological Indicators

Diseño de un índice integral de evaluación de orientación costera municipal. Análisis comparativo de los municipios mexicanos

Resumen

Un modelo basado en componentes biofísicas, sociales o económicas definió un índice de orientación costera COMI y fue aplicado a la comparación de 169 municipios costeros mexicanos. Un municipio con alto índice necesita un alto ratio (longitud de costa / área municipal), la mayoría de su territorio por debajo de los 200 metros de altitud, tener aguas marinas interiores, la mayoría de su población y de sus ciudades mas importantes ubicadas en la planicie costera, donde ingresos altos deben de ser presentes. Estas condiciones fisiográficas y socioeconómicas son consideradas favorables al desarrollo costero, la falta de cualquiera de ellos llevara a un disminuir la orientación costera de un municipio dentro de la comparación, y de allí representara menos potencial para un desarrollo costero dado. Los resultados revelaron una costa compleja si la consideramos a través de cada componente así como cuando vista con el resultante índice integral COMI. Los resultados se analizaron también al nivel de los 17 estados costeros mexicanos. El uso en este modelo, por una parte, de indicadores físicos constantes espacio temporalmente y de datos socioeconómicos disponibles con fechas recurrentes provenientes de censos oficiales reduce considerablemente los problemas de disponibilidad de datos, y todos los índices obtuvieron alta calificación según las guías de evaluación de la US EPA. Los resultados dan una imagen de la diversidad y complejidad de la problemática del manejo de la zona costera a lo largo de las costas mexicanas, y el modelo se propone como una herramienta rápida de comparación municipal, la cual apoya las estrategias e México, de acuerdo con los recientemente publicados principios rectores del manejo integral costero a nivel nacional.

Palabras claves

Orientación costera, modelo de índices, municipalidad, México

Design of an integrated evaluation index of municipal coastal orientation. Cross-comparison of Mexican municipalities

Georges Seingier ^a, Ileana Espejel ^{b*} y José Luis Fermán Almada ^a

^aFCM, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México

^bFC, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México

ABSTRACT

Keywords:

Coastal orientation,
index models,
municipality,
Mexico

A model based on physiographic, social and economic components defines a coastal orientation index and was applied to the cross-comparison of 169 Mexican coastal municipalities. A highly ranked territory needed to have a large coastal length to municipal area ratio, most of its territory under the 200 meters line, contain marine internal water, majority of its population and of its larger cities located in its coastal plain, in which high income must be earned. These physiographic and socio economic conditions are considered to be favorable to coastal development; a lack of either of them will make a municipality less coastally orientated in the cross municipality comparisons, and therefore will represent less potential for a given coastal development. Results revealed a complex coast if we see it through each component as well as when seen through the resulting integrated COMI index. Results are also described at the 17 Mexican coastal states level. The use in this model of both spatiotemporal constant physical indicators and of the time recurrent available socioeconomic data from official census considerably reduces major data availability problems, and all indexes rank high in the evaluation guidelines of US EPA. Results give a picture of the coastal management issues diversity and complexity through the country's coasts, and the model is seen as a tool for rapid cross-municipal comparison that supports Mexico's strategies, in line with the recent national coastal management principles.

* Corresponding author at:

Carr. Transpeninsular Tijuana-Ensenada km 103, Ensenada, Baja California, México. Tel.: +52(646)1744560 ext 126

Email address: ileana@uabc.mx

1. Introduction

Data bases quality are fundamental for coastal planning, thus coastal plans quality depend on the available data. Theoretically, national strategies incorporate regional plans which include various municipal policies with different site plans, all arranged in a hierarchical nested approach (Millennium Assessment, 2003, 2005, 2007; Olsen, 2003). In real life, at least in developing countries and despite multiple coastal planning efforts, federal, state and municipal strategies promote new cities and ports, energy and industrial areas, tourism and aquaculture developments, protected areas, etc. in a rather disorganized and incongruent way. This is due to the fact that most developments are still biased by economic issues, sometimes by social needs and rarely by scientific demands or properly considering environmental limitations. Besides environmental impact assessments, which evaluate single projects,

regional planning or ecological ordinances are the main instrument to visualize synergic responses and to distribute land use in coastal areas. Some countries (Canada: Boyd, 2001; Australia: Ward *et al.*, 1998), or group of countries (Europe: EEA, 2006; Latin America: CIAT-World Bank-UNEP, 2000) are incorporating national strategies to organize marine and coastal areas. Mexico has a long history in regional ordinances (Rosete *et al.*, 2006, Cordova *et al.*, 2006, Cordova *et al.*, in press) and recently published a strategy for its oceans and coastal marine zone (SEMARNAT, 2007) defining the coastal area as three types of municipalities (by the sea, by a lagoon or estuary, and inland but with coastal vegetation). In Mexico, nor the states neither the municipalities govern their seaside. Marine and coastal water affairs are ruled by the federal government. Then, municipality based regional planning rely on terrestrial

data like population censuses and land use inventories. Efforts to generate an *Ocean and Coast sustainable development National Environmental Policy* (PANDSOC, 2009) drove to the formulation in 2007 of a *Coastal Management National Plan* through the Environment and Natural Resource Secretary (SEMARNAT, 2007) publication of the *Sea and Coasts Territorial Ecological Ordinance National Strategy*, which is based on the following driving principles: interdisciplinary focus, use of best available data, delimitation of Mexico's coastal zone, development of a information system for coastal environment evaluation and monitoring to orientate, communicate and articulate research, generation of information and its exchange.

PANDSOC effort comes from a federal initiative, but parallel efforts have been undertaken at local level since 2004 when Mexican coastal municipalities organized themselves in a national association of coastal municipalities to strengthen alliances for political reasons mainly (ANMCO, 2009).

Descriptive studies as this one are inexistent in their agenda but could be helpful to classify them and prioritize political attention in order to attend social needs, or environmental problems, and estimate and canalize financial supports. Knowing which municipality or municipalities group is "more or less coastal" could be useful to order them in an integrated manner. We propose an evaluation and monitoring scheme for cross municipal coastal orientation comparisons that can fall in a larger vision scheme to monitor sustainable development of Mexican coast which is based, to concretize its objectives, on the same principles as the PANDSOC. In this paper we present a model of indicators based on official database orientated towards coastal management planning.

Indicators are chosen for their representativeness of the more general phenomena evaluated (EEA, 1999), and their use in coastal management has been encouraged (Mageau *et al.*, 2003), as well as their evaluation by means of selection frameworks and guidelines (US EPA, 2000, Kurst, 2001). We applied some indicators of this data base in 169 municipalities by the sea (excluding those inland but with coastal vegetation). We present some ideas in which our data base, arranged in a geographic information system (GIS) could provide information for several analyses related to coastal planning: national coastal length,

regional analysis or grouping municipalities by any shared indicator. In this case, we provide an example of its potential use designing an index named coastal orientation, meant to provide a comparative characterization of the degree of coastal issues that Mexican coastal municipalities have to deal with. This was made through an interdisciplinary approach that considers physical, social and economic characteristics of the municipalities and their coastal plain.

2. Study Area

2.1. Definition of coastal municipalities

Coastal municipalities were defined so if they had a contact with the sea through a coastline, or through a coastal lagoon or estuary. The National Geoestatistical framework was taken from the National Geography and Statistics Institute (INEGI by its Spanish acronym) and checked using free access satellite images (Google Earth) in order to double-check the coastal-ness of some municipalities. One hundred and sixty nine coastal municipalities were defined in 17 states, out of the 2438 total in the 32 Mexican states. Study area of coastal municipalities represents a total surface of 410,573 square kilometers, which is 21% percent of total Mexican territory (Figure 1).

3. Methodology

Coastal Orientation Municipal Index (COMI) was designed to describe and evaluate the degree of coastal orientation of Mexican's coastal municipalities. The index is based on three components: physical, social and economic, as described in the following sections.

Data used came only from official national data bases (INEGI census). Information was georeferenced and was fed in a geographical information system (GIS) and organized for the 169 municipalities and for their respective coastal plains (defined as the space between coastline and 200 meter's height above sea level), for which the following indicators and indexes were analyzed, as summarized in Figure 2

All indicators were normalized to obtain dimensionless quantities, ranging from 0 to 1, in order to be comparable, following Nijkamp *et al.* (1990).

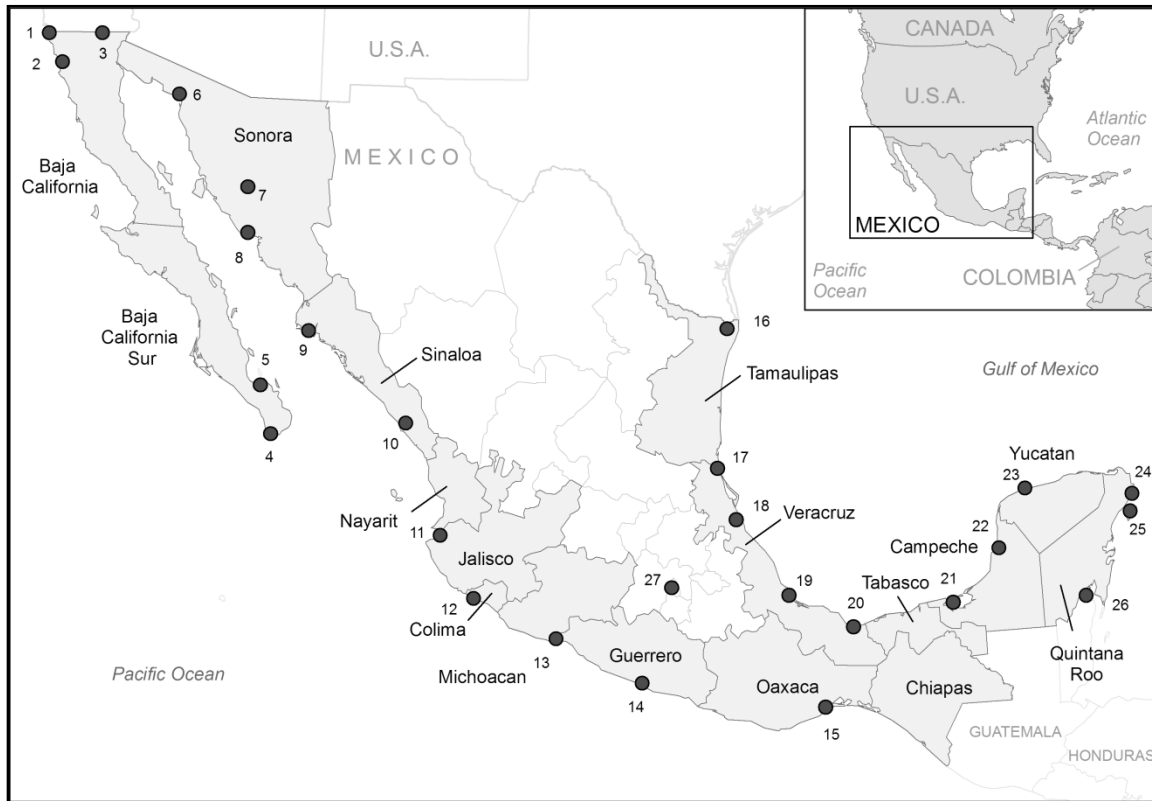


Figure 1 . Mexico's coastal states and main coastal cities, tourism centers and main harbors. Numbers locate municipalities referred to in text: 1 = Tijuana; 2 = Ensenada; 3 = Mexicali; 4 = Los Cabos; 5 = La Paz; 6 = Puerto Peñasco; 7 = Hermosillo; 8 = Guaymas; 9 = Topolopampo; 10 = Mazatlán; 11 = Puerto Vallarta; 12 = Manzanillo; 13= Lázaro Cárdenas; 14 = Acapulco; 15 = Salina Cruz; 16 = Matamoros; 17 = Altamira, Ciudad Madero, Tampico; 18 = Tuxpam; 19 = Veracruz, Boca del Río; 20 = Coatzacoalcas; 21 = Ciudad del Carmen; 22 = Campeche; 23 = Progreso; 24 = Cancún; 25 = Cozumel; 26 = Chetumal; 27 = México City.

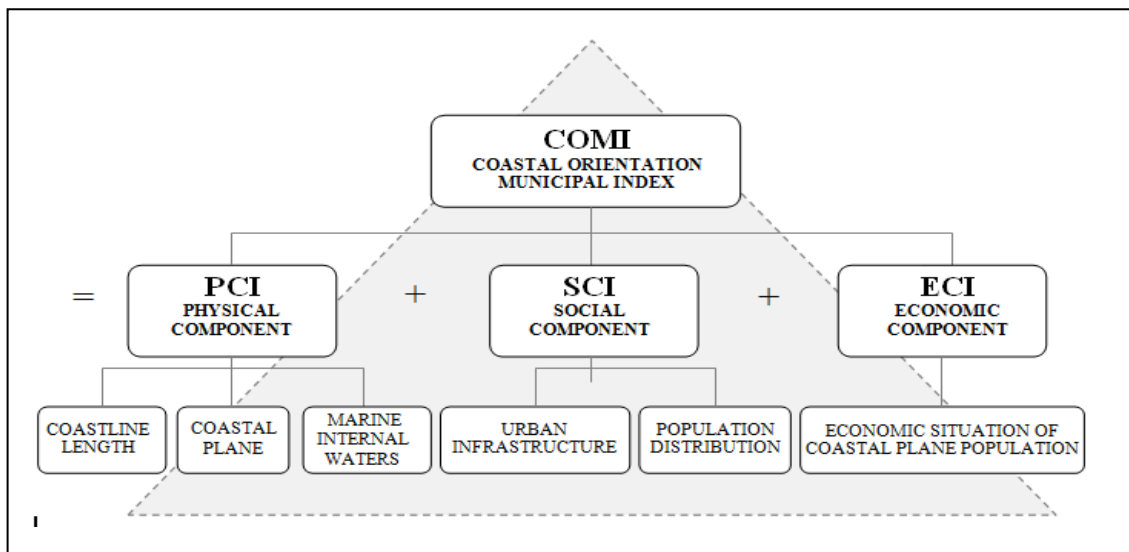


Figure 2. Physical, social and economic indicators were clustered to form coastal indexes

3.1. Physical Coastal Index (PCI)

The physical component of COMI (PCI) was defined as a relation between four physiographic municipal parameters: the municipal area, its coastline length, the coastal plain area, and the number of marine internal waters, as follows:

$$PCI = CLMAI + PMCPI + MIWI$$

Where,

CLMAI = CL/MA= coastal length to municipal area ratio (km/km²),

PMCPI = CPA/MA= proportion of the municipality in the coastal plain,

MIW = number of marine internal waters (bays, and coastal lagoons), and

CL = coastline length, MA = municipal area, CPA = coastal plain area.

Coastline length as well as coastal plain and municipal areas were calculated by compilation of official data of both municipal limits and 200 meter isoline with a geographical information system (GIS). Marine internal waters data was also integrated in the GIS and was taken from Escofet (2006) and Espejel and Bermudez (in press).

CLMAI, follows Sorensen and Brandani (1987) concept, also applied by Escofet and Espejel (2004) to America's 11 countries, indicates the amount of coastline, in km, corresponding to 1 square kilometer of territory, but in this case applied to a municipal unit.

PMCPI is similar in concept and structure to Escofet and Espejel (2004) *percent of territory in coastal states*, although here we compare the amount of coastal plain relative to the total municipal territory, as one of the components of physical coastal orientation of the territory, using the physiographic limit of the 200 meters above sea level.

MIW, including coastal lagoons, bays, straits, reefs interior waters, river estuaries and deltas communicated permanently or intermittently with the sea, was also considered because of the biophysical importance of these features for the ecosystem (which moreover are linked and attract development of human activities).

3.2. Social Coastal Index (SCI)

Two aspects were considered to evaluate the social component of municipal coastal orientation: the

proportion of the municipal population that live below 200 meters altitude, and the proportion of the municipal cities (medium and large) located in the coastal plains. Population ranks were selected from Gutierrez de MacGregor and González Sánchez (1999) small, medium and large cities. Only two types of cities were considered: medium and large, giving more weight in our index construction to large cities.

$$SCI = CPI_{\text{Coastal population}} + UII_{\text{Urban infrastructure}}$$

Where,

CPI = Coastal plain population / total municipal population

$$UII = \{ [(\% \text{ of localities } < 10,000 - 100,000 \text{ inhabitants in the coastal plain}) * 1] + [(\% \text{ of localities } > 100,000 \text{ inhabitants in the coastal plain}) * 2] \}$$

Population and localities data were obtained from the 2005 national census.

3.3. Economic Coastal Index (ECI)

National INEGI census data at a locality level provides the income of population as the number of inhabitants with certain income, calculated as multiples of minimum salary (MS), which was the basis of the economic indicator ECI. The characterization of the economic aspect of coastal orientation was designed to characterize the coastal plain population income.

$$ECI = [1 * P2MS] + [2 * P2TO5MS] + [3 * P5MS]$$

Where,

P2MS, P2TO5MS, and P5MS are the percentage of coastal plain population whose wage is less than 2 MS, from 2 MS to 5 MS, and more than 5 MS, respectively.

3.4. Coastal Orientation Municipal Index (COMI)

The addition of all these indexes produces the coastal orientation municipal index which evaluates the relative degree of coastal orientation of Mexico's coastal municipality.

$$COMI = PCI + SCI + ECI$$

For a municipality to have a high coastal orientation index, it needs to have a large coastal length to municipal area ratio, most of its territory under the 200 meters line, majority of its population

and of its larger cities located in its coastal plain, in which high income must be earned. These physiographic and socio economic conditions will be favorable to coastal planning; a lack of either of them will make a municipality less coastally orientated if a cross municipality comparisons is done, and therefore represent less potential for a given coastal development, or coastal protection action. A state analysis was performed as well in order to look for administrative regional patterns.

A cluster analysis along with factor and multiple component analysis were undertaken at index level to compare PCI, SCI, ECI and COI and categorize Mexican coastal municipalities and group them into homogeneous groups of similar physical and socioeconomic characteristics.

4. Results

4.1. Coastal Orientation Index (COMI)

Highly coastal oriented municipalities are those

with long, high coastal length to land area ratio, containing lagoons and bays, with a wealthy population living in the municipality's coastal plain, benefiting of infrastructure of medium to large cities. The coastal orientation index resulting from the combination of the three components gave 25 highest values of coastal orientation concentrating in the north Pacific and Gulf of California regions (12 municipalities, see Table 3); in the Caribbean coast (Benito Juárez, Solidaridad, Isla Mujeres, and Cozumel in Quintana Roo), and various municipalities in the Gulf of Mexico with no regional continuity (Ciudad Madero or Matamoros, in Tamaulipas; Veracruz, Boca del Río, and Coatzacoalcos in Veracruz; Paraíso, in Tabasco; Carmen in Campeche). Puerto Vallarta, Jalisco, and Salina Cruz, Oaxaca, detached themselves as the only high COI in South Pacific. Lower values decrease in a continuous way, although four very low values occur due to the combination of lowest values of all social, economic and physical indexes (lowest in San Miguel del Puerto, Oaxaca). Results of sub-indexes are given for the 25 highest COMI values in Table 2, and all are reported grouped by states in Table 3.

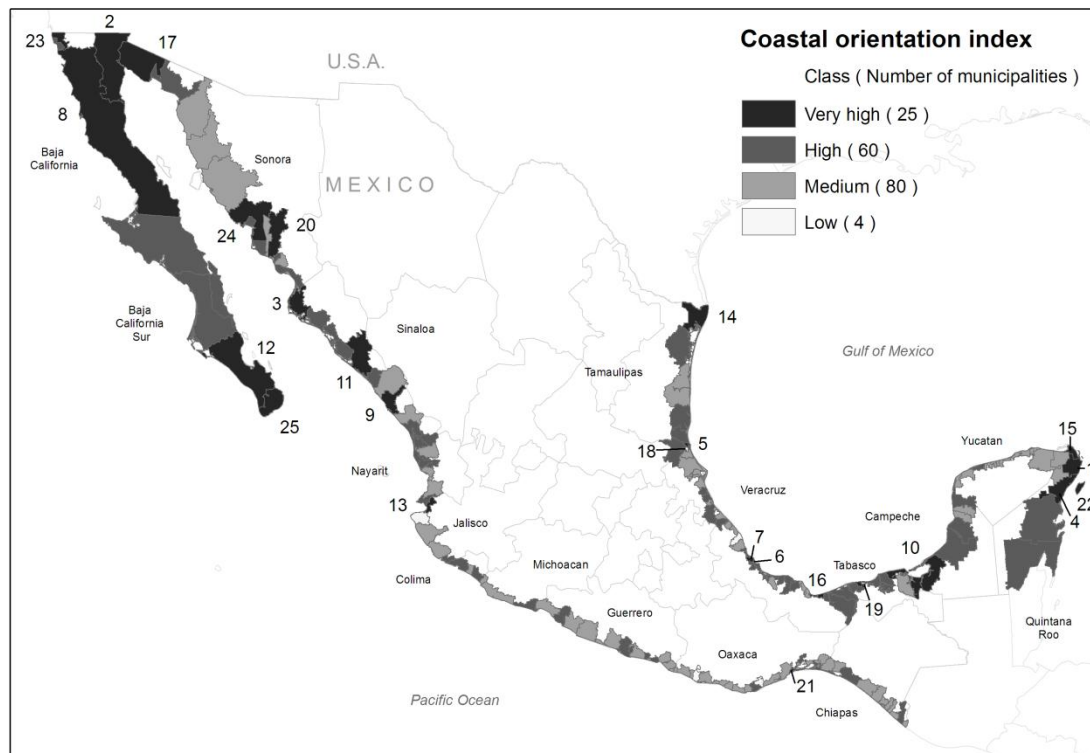


Figure 3. Coastal Orientation Municipal Index (COMI). Number is ranking of COMI for the first 25 described in Table 2 (COMI ranking)

Table 2. Municipalities with higher COMI (25 highest evaluations: “Very high” class); L= low, M=Medium, H=High, VH= Very High. Ranking 1 is higher COMI value

Municipality, State	Ranking	COMI	CLMAI	PMCPi	MIWI	PCI	CPI	UII	SCI	P2MS	P2T5M _S	P5MS	ECI
Benito Juárez, Quintana Roo	1	VH	L	VH	H	H	VH	VH	VH	L	VH	VH	VH
Mexicali, Baja California	2	VH	L	H	H	H	VH	VH	VH	L	VH	VH	VH
Ahome, Sinaloa	3	VH	M	VH	H	VH	VH	VH	VH	M	H	H	H
Solidaridad, Quintana Roo	4	VH	L	VH	M	H	VH	VH	VH	L	VH	H	VH
Ciudad Madero, Tamaulipas	5	VH	H	VH	L	H	VH	H	VH	L	H	VH	VH
Boca del Río, Veracruz	6	VH	M	VH	M	H	VH	VH	VH	M	H	H	H
Veracruz, Veracruz	7	VH	L	VH	H	H	VH	VH	VH	M	H	H	H
Ensenada, Baja California	8	VH	L	L	VH	M	VH	VH	VH	L	VH	H	VH
Mazatlán, Sinaloa	9	VH	L	H	M	M	VH	VH	VH	L	VH	H	H
Carmen, Campeche	10	VH	M	VH	M	H	VH	H	VH	M	H	VH	H
Culiacán, Sinaloa	11	VH	L	H	M	M	VH	VH	VH	M	VH	H	H
Paz, La, Baja California Sur	12	VH	L	H	VH	H	VH	H	VH	L	VH	H	VH
Puerto Vallarta, Jalisco	13	VH	L	M	L	M	VH	VH	VH	L	VH	VH	VH
Matamoros, Tamaulipas	14	VH	L	VH	L	H	VH	H	VH	L	VH	H	H
Isla Mujeres, Quintana Roo	15	VH	H	VH	H	VH	VH	M	H	M	VH	M	H
Coatzacoalcas, Veracruz	16	VH	M	VH	L	H	VH	VH	VH	M	H	H	H
S. Luis Río Colorado, Sonora	17	VH	L	VH	L	M	VH	H	VH	L	H	VH	VH
Tampico, Tamaulipas	18	VH	L	VH	L	M	VH	H	VH	M	H	H	H
Paraíso, Tabasco	19	VH	H	VH	H	VH	VH	M	H	H	M	H	H
Cajeme, Sonora	20	VH	L	H	L	M	VH	VH	VH	M	H	H	H
Salina Cruz, Oaxaca	21	VH	M	VH	L	H	VH	M	H	M	H	H	H
Cozumel, Quintana Roo	22	VH	M	VH	L	H	VH	M	H	L	VH	H	VH
Tijuana, Baja California	23	VH	L	L	L	L	VH	VH	VH	L	VH	VH	VH
Guaymas, Sonora	24	VH	L	H	H	M	VH	H	VH	M	VH	H	H
Los Cabos, Baja California S.	25	VH	L	M	H	M	VH	M	H	L	VH	VH	VH

Table 3. Classes distribution for each municipal index, organized by states; * number of municipalities in each state. L= low, M=Medium, H=High, VH= Very High

	PCI				SCI				ECI				COMI				Number *
	L	M	H	VH	L	M	H	VH	L	M	H	VH	L	M	H	VH	
BAJA CALIFORNIA	1	2	1				1	3				4			1	3	4
BAJA C. SUR		2	3				4	1			3	2			3	2	5
SONORA	1	7	5		3	3	4	3		7	4	2		5	5	3	13
SINALOA	2	4	3	1		2	5	3		6	4			2	5	3	10
NAYARIT	1	5	2			3	5			7	1			3	5		8
JALISCO	1	4			2	1	1	1		1	3	1	1	2	1	1	5
COLIMA	1	2					2	1		2	1			1	2		3
MICHOACAN	1	2			1	1	1			2		1		2	1		3
GUERRERO	4	4	4			7	4	1	1	9	2			8	4		12
OAXACA	2	15	5	3	4	15	6		13	9	3		2	18	4	1	25
CHIAPAS	1	8	1			3	7		5	5				8	2		10
TAMAULIPAS		3	4			1	3	3		4	2	1		1	3	3	7
VERACRUZ		10	22		2	14	13	3	12	16	4		1	14	14	3	32
TABASCO		2	2	1			5			4	1				4	1	5
CAMPECHE		1	6			3	2	2	1	4	2			3	3	1	7
YUCATAN		6	7			10	3		10	3				12	1		13
QUINTANA ROO		1	5	1		1	3	3		2	2	3		1	2	4	7
Total:	15	78	70	6	12	64	69	24	42	81	32	14	4	80	60	25	169

States perspective - 17 coastal entities

Discontinuity, o spatial heterogeneity, along the littoral in the coastal orientation led to conduct a general analysis per state, which reflects the situation, allows discussing results, as a more reduced set of values, on a federal level of state administrative scale rather than the obtained from the municipal values (Table 3).

The resulting coastal orientation state index (COSI) identifies three highly coastal orientated states: Baja California, Quintana Roo, and Baja California Sur; followed by Tamaulipas, Tabasco and Sinaloa with high COSI values. The rest of Gulf of California and Gulf of Mexico states have medium values. South Pacific states from Chiapas to Jalisco are characterized by lowest coastal orientation state index values (Figure 4).

Results separated by sub indexes are presented in the following section.

4.2. Physical Coastal Index (PCI)

Municipalities are heterogeneous in size. Smallest municipality is 38 km² in Oaxaca and biggest (biggest

in Mexico also) is 53,336 km², with an average municipal area of 2,518 km², the standard deviation being 5,546. The northwest is characterized by larger municipalities while the smallest are in the southern Pacific coast. There are 148 small municipalities (inferior to 4000 km²), ten between 4,000 y 8,000 km², nine between 8,000 and less than 18,000 km². Mulegé in Baja California Sur is 30,626km² and the largest is Ensenada, Baja California; Figure 3).

Coastline length ranges from a few hundred meters (Tampico, Tamaulipas) to more than 1,800 kilometers in northwestern Ensenada, Baja California. More than 90% of the municipalities have below 300 km of coastline (corresponding to a mean of 50km). Mention should be made to the particularity of Baja California and Baja California Sur which municipalities have two ocean type coastlines both in the Pacific Ocean and in the Gulf of California (Ensenada, B.C. and Mulegé, Comondú, La Paz, Los Cabos in B.C.S.).

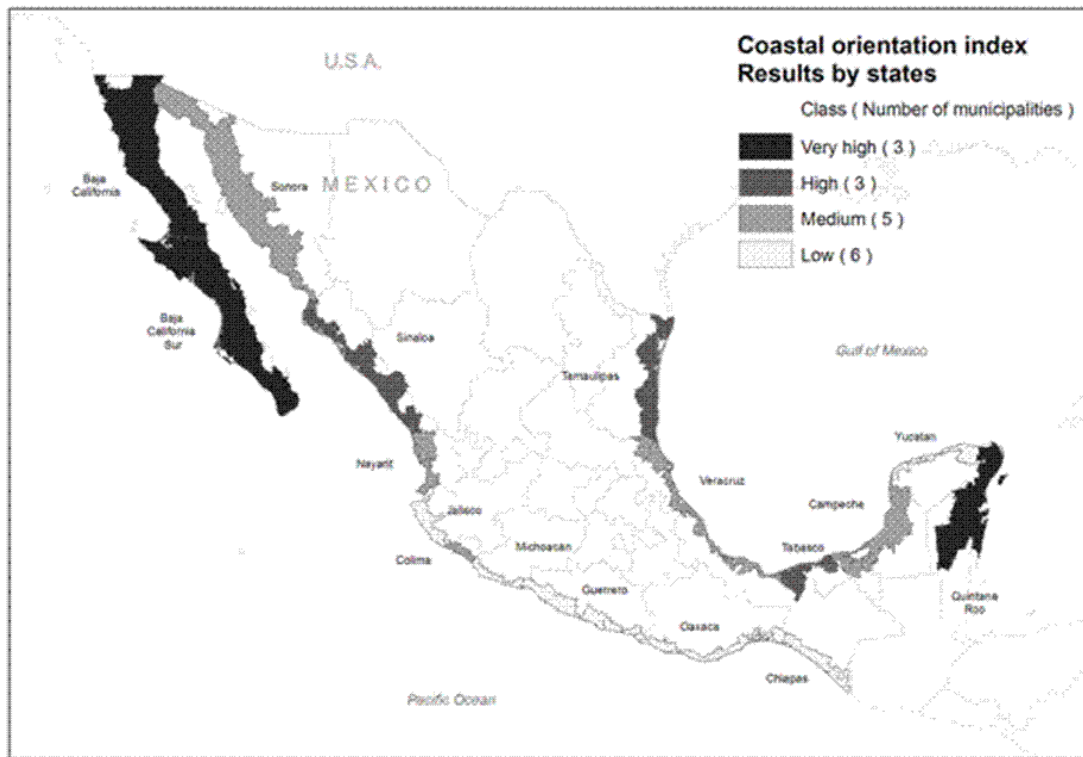


Figure 4. Coastal Orientation State Index (COSI)

The coastal length to municipal area ratio, CLMAI, has a general continuous repartition trend of values; however seven municipalities are characterized by very higher values: the highest being San Dionisio del Mar (Oaxaca), followed by Isla Mujeres (Quintana Roo), then Juchitán de Zaragoza (Oaxaca), Ciudad Madero (Tamaulipas), Paraíso (Tabasco), San Francisco del Mar (Oaxaca), and San Mateo del Mar (Oaxaca). High CLMAI values are due to relatively long coastline compared to the municipal area (coastally stretched territory), which can sum to the presence of lagoons (San Mateo del mar, San Francisco del Mar, and Paraíso) or rivers (Ciudad Madero), with peninsulas or with islands (Isla Mujeres). Example of extremely low values of CLMAI can be seen in Campeche municipality of Hecelchakán, where this 1,000 square kilometer territory has only 10 km of coastline.

The analysis of the municipality proportion below 200 meter altitude reveals that more than half of Mexico's coastal municipalities (90 out of 169) are entirely in the coastal plain, summing 64 of the 71 Gulf of Mexico adjacent municipalities, including all

of the Yucatan Peninsula (even extended municipalities like south eastern Othón P. Blanco - host of part of Cancun city- and Felipe Carrillo Puerto -next to Belize- with areas around 14,000 square kilometers) which is characterized to be an extended and low altitude platform constituted by calcareous rocks. The other 19 municipalities on the Pacific side manage to be 100% within the coastal plain, high value of PMCP, because of their relatively small area, which is moreover parallel to the coast rather than inland. Municipality proportion below 200 meter altitude, PMCP, was found to be at its lowest value of 12 % for San Miguel del Puerto (Oaxaca).

Result also shows a group of seven northwestern municipalities characterized by large areas of coastal plain although not high when compared to their large municipal areas. These are Mulegé and Comondú (Baja California Sur) with respectively 18,667 and 10,974 sq km of coastal plain although it represents 61 and 64 % of their total area. Mexico's largest municipality, Ensenada (Baja California), has nearly 11,000 sq km of coastal plain which only represents 20% of its territory, while

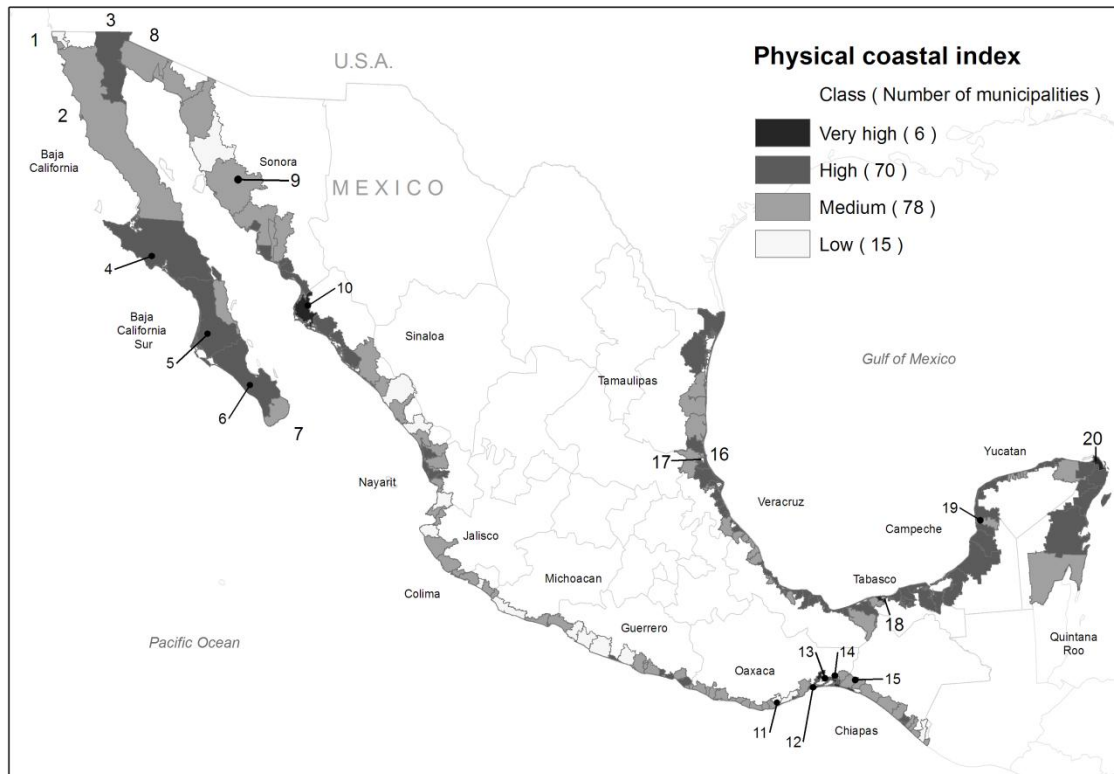


Figure 5. Physical coastal index (PCI). Numbers locate municipalities referred to in text: 1 = Tijuana; 2 = Ensenada; 3 = Mexicali; 4 = Mulegé; 5 = Comondú; 6 = La Paz; 7 = Los Cabos; 8 = San Luis Rio Colorado ; 9 = Hermosillo; 10 = Ahome; 11 = San Miguel del Puerto; 12 = San Mateo del Mar; 13 = Juchitán de Zaragoza; 14 = San Dionisio del Mar; 15 = San Francisco del Mar; 16 = Ciudad Madero; 17 = Tampico; 18 = Paraíso; 19 = Hecelchakán; 20 = Isla Mujeres.

Hermosillo's (Sonora), La Paz's (BCS) and Mexicali's (BC) coastal plain areas ranging between 8 and 10 thousands sq km, represent between 59 and 74% of the territory. San Luis Rio Colorado's (Sonora) 8 thousand sq km of coastal plain distinguish themselves by representing 91 percent of its municipal area.

The 189 marine internal waters (MIW) along Mexico's coast 54 in the Gulf of Mexico (Escofet and Espejel, 2004) and 135 on the Pacific side (Espejel and Bermudez, in press), are distributed regularly through the country except for the northwestern region of Baja California peninsula and adjacent Gulf of California states where we find the highest number of MIW per municipality (Ahome, Sinaloa and Hermosillo, Sonora both with 5 MIW, La Paz with nine and Mulegé 16 in BCS, and maximum 22 in Ensenada, BC). Half of coastal municipalities possess only one MIW, 31 municipalities two, 12 have three and six reach four MIW, while 33 municipal entities have no marine internal waters. The majority (75%) of the

municipalities that have MIWs have only one or two but of diverse sizes.

Coastline length ranges from a few hundred meters (Tampico, Tamaulipas) to more than 1,800 kilometers in northwestern Ensenada, Baja California. More than 90% of the municipalities have below 300 km of coastline (corresponding to a mean of 50km). Mention should be made to the particularity of Baja California and Baja California Sur which municipalities have two ocean type coastlines both in the Pacific Ocean and in the Gulf of California (Ensenada, B.C. and Mulegé, Comondú, La Paz, Los Cabos in B.C.S.).

Municipalities with highest PCI values were located in four regions and sporadically in various municipalities (Figure 5): 1) in the Yucatan Peninsula region with 100% coastal plain, large coastline length area ratio, down to Tabasco; 2) to the east and southeast of Gulf of Mexico (due to the combination of extended coastal plain with the presence of lagoons); south and north of

Table 4. Number of municipalities within different ranges of population.

Municipal population range	< a 5000	5000 to 10,000	10,000 to 15,000	15,000 to 50,000	50,000 to 100,000	100,000 to 500,000	> a 500,000
Number of municipalities	13	13	15	62	27	32	7
# of coastal plain	16	14	16	64	22	31	6

Veracruz State, and north of Tamaulipas; 3) in the region where the two states of Sinaloa and Sonora meet (both with large coastline length area ratio and important coastal lagoons); and 4) in Baja California Sur's municipalities with longest coastline adding to numerous MIW. In a spatially isolated way, we find the highest values in very small municipalities stretched around a lagoon (like San Mateo del Mar or San Francisco del Mar, both in Oaxaca, or Paraíso, Tabasco); or in municipalities with a peninsula or islands which increases its coastline length (Isla Mujeres, Quintana Roo).

For half of Mexico's coastal municipalities (90 out of 169) entirely in the coastal plain, the PCI is regulated by the CLMAI and MIWI, while for municipalities with less than 100 % of their area being in the coastal plain, PCI is a diverse combination of CLMAI, PMCPI, and MIWI. More specifically, the six highest PCI values correspond to San Mateo del Mar (Oaxaca), then San Francisco del Mar (Oaxaca), Paraíso (Tabasco), Home (Sinaloa), Juchitán de Zaragoza (Oaxaca), Isla Mujeres (Quintana Roo); all have high CLMAI. Lowest PCI values were found for combination of both, low CLMAI, PMCPI, and MIWI, like San Miguel del Puerto (Oaxaca) or for example Tijuana (Baja California) with the 4th lower PCI.

4.3.Social Coastal Index (SCI)

Of the 103 million Mexicans in 2005, 16.5 % lived in the coastal municipalities, which represents 21% of the country's area (41,646/1'964,375 sq km). Results for Coastal Population Index (CPI) revealed in overall small to medium populated municipalities (Table 4) with a population located principally within the coastal plain: 93% of the nearly 17'000,000 inhabitants of the 169 coastal municipalities lived in the coastal plain in 2005.

For Mexico's coastal municipalities entirely in the coastal plain (see 4.1 section on PMCPI), CPI will be maximum (100%) and will vary according to UII. Low CPI occurred in two scenarios: for example, the case of Alto Lucero de Gutierrez (Veracruz) (20%), which has very small coastal plain CLMAI, as well as San Miguel del Puerto (Oaxaca)(22%): their physical characteristics restricts spatially the population growth. Another characteristic case is seen with Hermosillo, Sonora: although with high PMCPI, it has most of its population above 200 meters, which gives him the lowest CPI value (6%).

If in general our 169 coastal municipalities are small to medium populated, the UII gives us an inside look to the repartition of the population within each municipality. We found 26 cities of more than 100,000 habitants (large cities) spread in 26 municipalities; all are in the coastal plain except Hermosillo (Sonora). Thirteen cities of more than 300,000 people were found, of which four above 600,000 inhabitants (Hermosillo, Mexicali, BC; Acapulco, Guerrero; and Culiacán, Sinaloa), and only Tijuana (BC) has more than a million habitants (1'400,000). Twelve municipalities have only one large city and no medium cities, the other 14 are a combination of one large city with one to four medium cities. Large cities are spread in 12 states, six of which contain three cities of more than 100,000: BC, Sonora, Sinaloa, Tamaulipas, Veracruz, Quintana Roo; the other six states have only one large city, except Campeche with two large cities.

In the major part of our study area, the resting 163 municipalities have population inferior to 100,000. We distinguish two large groups of municipalities: one of 69 municipalities with only cities smaller than 10,000 habitants, and other group of 63 municipalities with only one medium city. Intermediate municipalities were found to have two (seven municipalities), three (Los Cabos, BCS), or four medium cities (Lázaro Cárdenas, Michoacán and Guasave, Sinaloa).

If we compare the 169 municipalities through a state summary, and look at the way this population congregates itself in terms of urban clusters, we found that 80% of Baja California's population lives in a large city (Tijuana), 75 % in Tamaulipas (Matamoros), 69% in Quintana Roo (Cancun in Benito Juarez), and 67% in Sonora; opposed to states where percentage of population living in small cities (<10,000) are large like Tabasco and Nayarit (73 % of population living in small cities), Oaxaca (54%) and Chiapas (50%). Population of Veracruz lives 37% in large cities, 25% in medium, and 38% in small cities, the only state balanced between big and small.

The social component revealed a little populated coast, however more populated in the northwest, and punctuated by medium to big cities which are in general in the coastal plain.

The resulting social coastal orientation sub index has high value in the municipalities with highest proportion of its population living in the coastal plain, and in medium and big cities. These higher values occur in a spatially discontinuous pattern (Figure 6).

4.4. Economic Coastal Index (ECI)

The economic analysis reveals a dominance of very low salaries in the coastal plains of the Gulf of Mexico (states of Veracruz and Yucatan) and the Tehuantepec isthmus (Chiapas, Oaxaca and up to Guerrero). High salaries concentrate in the country's northwestern coastal plains, resulting in a economic coastal orientation index with highest values mainly in this latter region. A few municipalities also have high ECI because they are associated with large ports like Lázaro Cardenas, in Michoacán; tourist corridors, like Benito Juarez (Cancun) or Solidaridad (Riviera Maya's Playa del Carmen), both in Quintana Roo; or with gas industry like Ciudad Madero, Tamaulipas.

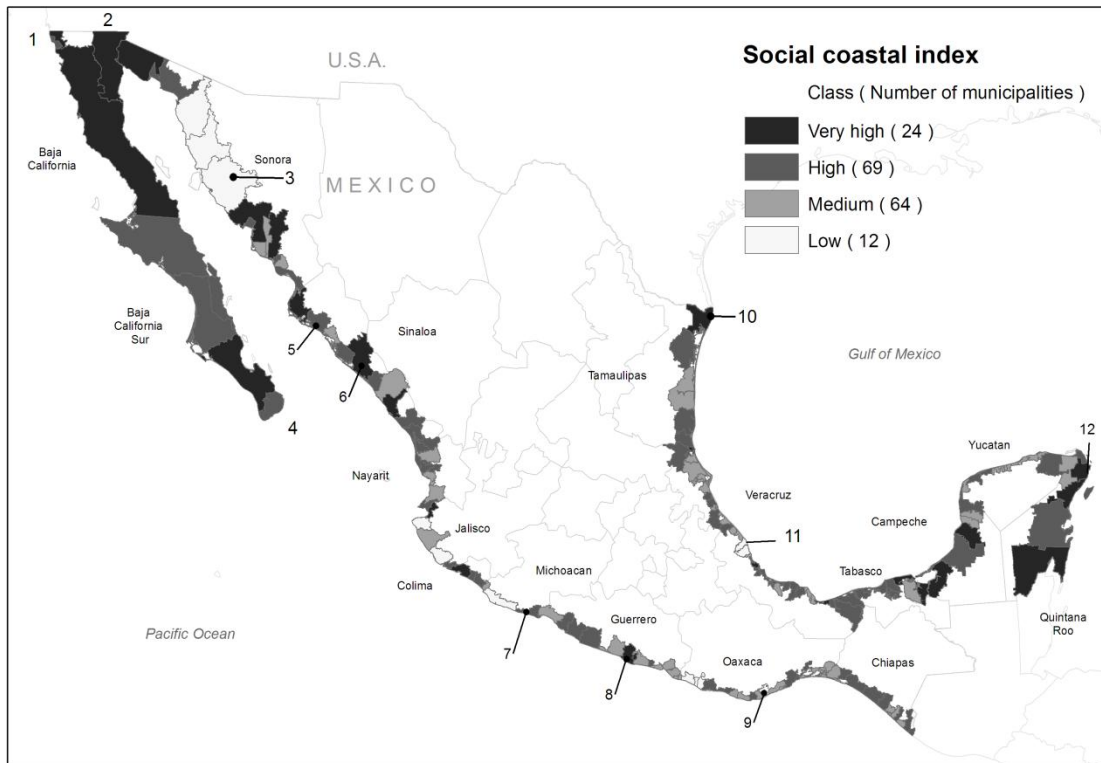


Figure 6. Social Coastal Index (SCI). Numbers locate municipalities referred to in text: 1 = Tijuana; 2 = Mexicali; 3 = Hermosillo; 4 = Los Cabos; 5 = Guasave; 6 = Culiacán; 7 = Lázaro Cárdenas; 8 = Acapulco; 9 = San Miguel del Puerto; 10 = Matamoros; 11 = Alto Lucero de Gutierrez; 12 = Quintana Roo.

Indeed, percentage of coastal plain population whose wage is more than 5 MS reaches maximum value of 27% in Ciudad Madero, Tamaulipas, and then 26 and 25 % in Tijuana and Mexicali respectively, both in BC. Percentage of coastal plain population whose wage is from two to five MS reaches a 27% maximum in Los Cabos at the tip of Baja California Peninsula. In 132 municipalities, the percentage of coastal plain population whose wage is less than two MS ranges from 50 to 100, meaning that in 80% of Mexico coastal municipalities, at least half of the coastal plain population earns less than two MS. Actual 2009 MS ranges from 3.8 to 4 US dollars over the country (SAT, 2009).

5. Discussion.

According to the guidelines presented by Kurtz *et al* (2001) for ecological indicators evaluation (US EPA, 2000), the coastal orientation indicators were found to be acceptable based on the objectives and resources of this paper. All used indicators were relevant to coastal orientation evaluation marine internal water index (MIWI) was directly relevant to

ecological function, linked to the coastal marine processes, as well as the use of coastal plain for coastal terrestrial processes (PMCPI).

Methods for sampling and measuring the variables are technically feasible, appropriate, and efficient for use in a monitoring program, due to the use of official censuses generated at national level by the National Geography and Statistics Institute (INEGI), therefore ensuring data collection methods, logistics, information management, quality assurance, and monetary costs.

Coastal length and proportion of coastal plain were directly measured from official topographic 1:50,000 maps can be considered constant. Population census data (SCI and ECI) have been updated every 5 or 10 years with now standardized methods since 1895. Available data was in a two coordinate points spatial format, and spatial error and variability was considered adequate for the 1:50,000 scale.

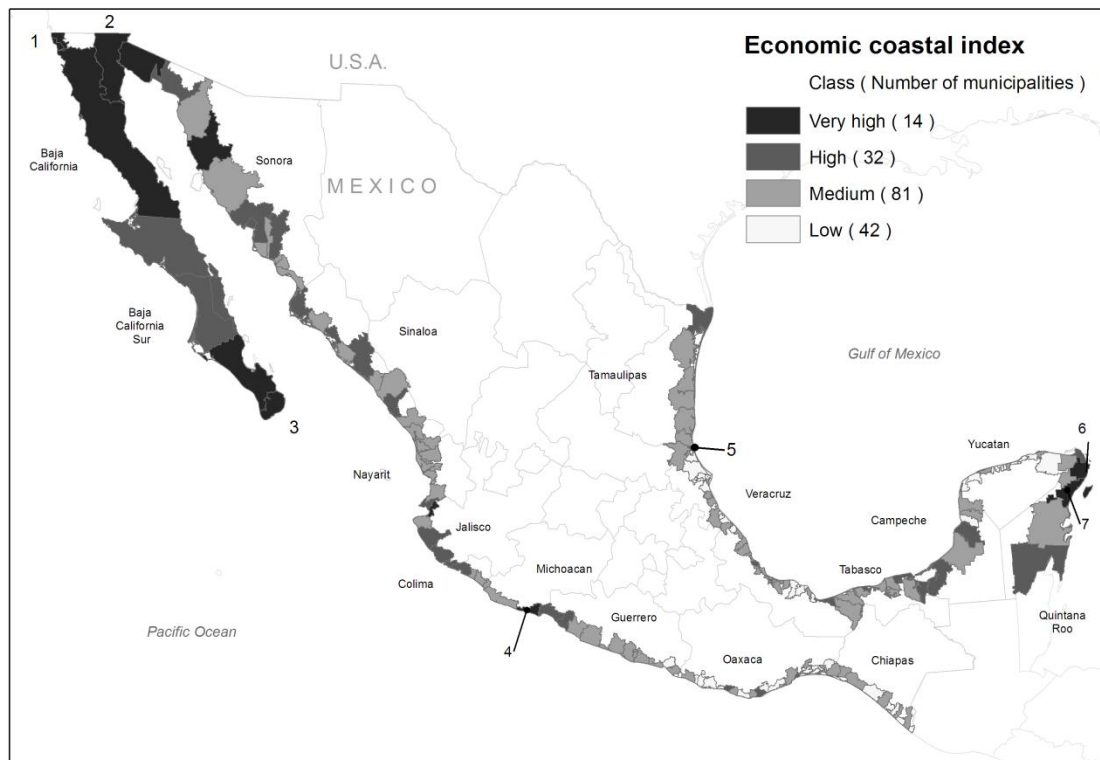


Figure 7. Economic Coastal Index (ECI). Numbers locate municipalities referred to in text: 1 = Tijuana; 2 = Mexicali; 3 = Los Cabos; 4 = Lázaro Cardenas; 5 = Ciudad Madero; 6 = Benito Juárez; 7 = Solidaridad

To quote an example of indicator selection, the use of MIWI was preferred to indirectly represent the coastal ecological processes, instead of the use of vegetation and land use cover National Forest Inventory (SEMARNAT *et al.*, 2000) , due to its recent origin (1970) and not yet standardized methodology which generates spatio-temporal variability and low discriminatory ability (Mas *et al.*, 2009), especially for coastal vegetation (Seingier *et al.*, 2009).

The choice of using three indexes (physical, social and economic) and the three sets of selected indicators did effectively enable us to interpret the coastal orientation through a cross-comparison of the municipalities, and could be useful to set coastal management priorities at the national scale, linked to management strategies like *Ocean and Coast sustainable development National Environmental Policy* (PANDSOC, 2009) and the National Association of Coastal Municipalities (ANMCO, 2009).

5.1 COMI Coastal Orientation

The consideration in our model of both biophysical (geographic) and socioeconomic components leads to cases where a municipality mainly with coastal plain and in a coastally orientated shape with moreover marine internal waters will not necessarily be evaluated as highly coastally orientated because of a scarce population with low income, and vice versa; or where a municipality where high percentage of the coastal plain population might be earning high income, but if the majority of the population is above the 200 m coastal plain limit the coastal orientation index will not be so high.

The most coastal municipality is not the longest, neither the poorest or most populated, but the one with three factors altogether. In this case, Ciudad Madero in Tamaulipas result the most coastal oriented municipality because its vast coastal plain is highly populated (there is one of the largest Mexican ports) and people earn rather high salaries. On the contrary, San Miguel del Mar in Oaxaca is the smallest municipality with a short coastline; there is no coastal plain since the little town is on a sand dune system, almost inhabited by the poorest population of the Mexican coast (Huave Indian people).

A cluster analysis along with factor and multiple component analysis were undertaken at index level to compare PCI, SCI, ECI and COI and categorize

Mexican coastal municipalities and group them into homogeneous groups of similar physical and socioeconomic characteristics. Means and standard deviations showed homogeneously distributed values. Results showed that our model defines a coastal orientation as closely linked to the social component (0.9 correlation) followed by the economic component (0.7 correlation) and less by the physical (0.45 correlation). The model shows that coastal development needs in the first place population (quantitatively), organized in a certain infrastructure (qualitatively); then it needs a certain income of its population combined with the physiographic factors. The factor analysis confirms by characterizing data universe with two dimensions, one linked to the social component and the other as a combination of both socio and economic aspects. It demonstrates that the physical and the economic components fluctuate a great deal and that the social component is the more constant in the contribution of the final coastal orientation index. Correlations between all four indexes are positive, except between PCI and ECI where we obtained a small negative correlation (-0.2). In general, actual coastal developments (if monitored by ECI) are not, in the cross-municipal comparison context of this work, where higher physiographic aspects (as described by PCI) are located. Hence, where the more coastal physical potential for development (associated to natural coastal resources) is, a higher percentage of population with low income are found, suggesting that there is much of coastal potential for development based on physical grounds in Mexico's coast.

If these results are joined to findings that coastal natural resource consumption has not led to better quality of life of coastal population (Seingier, *et al.*, 2009) and that moreover the coastal risk is increasing due to population migration summed to climate change (Seingier, *et al.* , in revision) , we also conclude that Mexico is at a turning point where deciding to continue with the same inertia or learn from mistakes is the key point towards the sustainable development of their coastal zone. Municipal coastal zone management plans are urgently needed, coastal regional and local ordinances have to be implemented and monitored in order to develop, in a spatial equilibrium, the Mexican coastal features that distinguish this country.

5.2 PCI Physical Coastal Index

The coastline length (CL) alone evidently shows the quantity of contact between the municipality and the marine environment. However, coastline length to

municipal area ratio CLMAI was used because it gives the general physical orientation of the municipalities: if they are embracing the marine environment or if they are turning their back to it. In a way it also represents the intensity of marine use by the municipality (it may reflect indirectly more fishermen population, more sand and sun recreation activities, etc).

The percentage of coastal plain territory in coastal municipality area, PMCPI, indicates the municipalities more directly concerned by coastal zone issues and management, as this area containing the lower part of watersheds, where most agriculture takes place. As well, most coastal vegetation occurs there, like mangroves and sand dunes vegetation, both important to preserve.

The number of marine internal waters, MIW, also indicates the latter, although through additional hints about fisheries resource that are present in the highly productive lagoons and bays, which are also associated with ecologically important systems like mangroves or wetlands which completes functional tasks for the coastal ecosystem. A municipality with more MIW will be more coastally orientated with more coastal issues to attend than another with no MIW.

5.3. SCI Social Coastal Index

A large coastal municipality population but not in the coastal plain, shows an abandoned most coastal zone typical of a non-socially coastal state (like for example Hermosillo, in Sonora where the capital city is inland). Our model will also categorize in the same way a municipality equally populated above and below the 200 m quota but with its big cities absent from the coastal plain. The importance to outline the presence of medium and large cities show about the presence of certain degrees of urban infrastructure and social relationships, innovation and transmission of ideas, without forgetting the link between number of habitants and number of functions they can fulfill (Gutierrez de MacGregor and González Sánchez, 1999), all of which are associated with higher social potential for coastal development.

5.4. ECI Economic Coastal Index

Choice of municipal limits as the unit was due to the fact that it represents an administrative space close to local issues, already recognized at national level (Semarnat, 2007, ANMCO, 2009), moreover constant in time, and have equivalent in every coastal nation. The importance of the coastal plain differentiation in the model is that the 0-200 meters territory has been

recognized characteristic of indeed coastal physiographic processes, but as well as concentrating coastal human activities (as reviewed by Escofet, 2004), and are moreover available in general in basic official cartography, even in developing countries. If the coastal plain concentrates the human activities linked to the coast, then the income of its population is seen as the economic situation of the coastal part of the municipality. The result shows us that higher ECI municipalities are those where tourist (Puerto Vallarta, Jalisco, or Playas de Rosarito, BC), harbor (Lázaro Cardenas, Michoacán), or large urban (Tijuana, BC) developments are found, with a low correlation to the physical PCI component, unlike would be expected, as described further on. The coastal plain left out economically are also the coastal municipalities of Mexico with higher marginality index (measure of social exclusion) (Seingier *et al.*, 2009), mainly southern pacific Chiapas and Oaxaca, and part of Guerrero, north Yucatan and Veracruz, discarding the possibility of a high economic above the plain and a left out coastal plain (which was only found in the Hermosillo, Sonora, characteristic case where the main large city is way inland).

6. Final considerations / conclusions

A mayor constraint within the national level, as well as at a cross-national level (Escofet and Espejel, 2004), is the availability of homogeneous and trusty data. Moreover, measuring an index at one point in time can be used as a reference point, useful to monitor its temporal evolution, what will be facilitated with the use of data available at regular intervals. Best use of existing information derived from different types of official national data bases (INEGI census), which present the advantages of their methodological and spatial homogeneity as well as recurrent update by governmental agencies, was preferred to potentially high cost associated with the development of complex indicators (Belfiore, 2003).

Although the physical and socioeconomic situation of Mexico's coast can be described by a few key indicators, it revealed a complex coast if it is observed through each component as well as when seen through the resulting integrated COMI index. The use in this model of both spatiotemporal constant physical indicators and of the time recurrent available socioeconomic data from official census reduces considerably major data availability problems. Here applied for the Mexican coast, it can easily be reproduced for other countries' coastal zone.

Results give a picture of the coastal management issues diversity and complexity through the country's coasts, and the model is seen as a tool for rapid cross-municipal comparison that supports Mexico's strategies, in line with the recent national coastal management principles.

Existing models or index monitoring programs related to the coastal zone are handled in a sectorial way (water contamination, air quality, land use, biodiversity, population density, etc.) and models like the one presented in this work are new in the way it integrates both the physical (coastal plain and length) and ecological (marine internal waters) indicators, which are macroscale indicators from landscape ecology, with the others indicators linked to human population, which are of our interest in terms of coastal society's sustainability. Most indicators used at national level, or by international agencies (Boyd, 2001; Ward *et al.*, 1998; EEA, 2006; CIAT-World Bank-UNEP, 2000), would find their place in our social component SCI. While our physical PCI will not change (at 1:50,000 scale unless a major climatic or geological event occurs), the other indicators are dynamic and this model can be used for sustainable development monitoring and national coastal risk based on socio economic basis (demographic and income indicators). Indeed this model will be proposed to be part of the observatory indicators of a national coastal monitoring program.

Acknowledgments

This research is part of two projects dealing with the analysis of the sustainable development of the Mexican coastal zone: SEP-CONACyT 10003 CB-2007-01-83040 and PROMEP - UABC-CA-41_Manejo de recursos costeros y terrestres 9-3-103-1-006-9146.

Reference

- ANMCO, 2009. Asociación Nacional de Municipios Costeros, A.C. "Por El Desarrollo sustentable de los Municipios Costeros". <http://www.anmco.org/>.
- Belfiore, S. 2003. The growth of integrated coastal management and the role of indicators in integrated coastal management: introduction to the special issue. *Ocean & Coastal Management* 46 (2003) 225–234 233.
- Boyd, D.R. (2001). Canada vs. the OECD. University of Victoria (B.C.). Eco-Chair of Environmental Law and Policy.
- 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).
- Córdova y Vázquez A., Rosete Vergés, F., Enríquez Hernández, G. and Fernández de la Torre, B. (2006). Ordenamiento ecológico marino: visión temática de la regionalización. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT. México D.F.: 226 pp.
- Córdova y Vázquez A., Rosete Vergés, F., Enríquez Hernández, G. and Fernández de la Torre, B. (in press). Regionalización de los mares de México. Instituto Nacional de Ecología. Mexico D.F.
- 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 pp.
- European Environmental Agency (EEA) (2006). The changing faces of Europe's coastal areas. EEA Report No 6/2006. EEA, Copenhagen, 112 p.
- Escofet (2004). Aproximación conceptual y operativa para el análisis de la zona costera de México: un enfoque sistémico-paisajístico de multiescala. UABCPh.D. Thesis. 276 p.
- Escofet A. & 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.
- Escofet, G. A. (2006). Escalas jerárquicas anidadas. En: Córdova y Vázquez A., F. Rosete Verges, G. Enríquez Hernández y B. Hernández de la Torre. Ordenamiento Ecológico Marino: Visión temática de la regionalización. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 87-101
- Espejel I. and R. Bermudez, in press. Regionalización de los mares de México: una propuesta. In Córdova y Vázquez A., Rosete Vergés F., Enríquez Hernández G. y Hernández de la Torre B. (eds.). Regionalización de los mares de México. Instituto Nacional de Ecología. Mexico D.F.
- Gutiérrez de MacGregor, M.T. y J. González Sánchez (1999). Las costas mexicanas y su crecimiento urbano. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal*. Núm. 40: 110-126.
- INEGI (2000). *XII Censo General de Población 2000*. INEGI, México.
- Kurtz, J.C., Jackson, L.E. and 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.
- Mageau, Camille; and Barbière, Julian (2003). Preface [to Special Issue: The Role of Indicators in

- Integrated Coastal Management]. 46 *Ocean & Coastal Management* 221-223.
- Millennium Assessment, 2003. *Ecosystems and Human Well-being. A Framework for assessment*. Island Press. Washington.
- Millennium Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being. Synthesis*. Island Press. Washington.
- Millennium Assessment, 2007. *Millennium Ecosystem Assessment. A toolkit for understanding and action. Protecting Nature's services. Protecting ourselves*. Island Press. Washington. www.islandpress.com/matoolkit/MAToolkit.pdf
- Montes C. and, O. Sala. 2007. La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Las relaciones entre el funcionamiento de los ecosistemas y el bienestar humano. *Ecosistemas* 16 (3). <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=512>
- Nijkamp, P. and P. Rietveld, H. Voogd. (1990). *Multicriteria evaluation in physical planning*. Elsevier Science LTD. The Netherlands. 219 pp.
- Olsen B. S. (2003). Frameworks and indicators for assessing progress in integrated coastal management initiatives. *Ocean & Coastal Management*, 46 . 347–361pp.
- PANDSOC, 2009. Política Ambiental Nacional par el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas (PANDSOC). www.semarnat.gob.mx.
- Rosete Vergés F., Enriquez Esquivel G., Cordova and A. Cordova y Vazquez (2006). El Ordenamiento Ecológico marino y costero: Tendencias y perspectivas. *Gazeta Ecológica*, número 078, Instituto Nacional de Ecología. Mexico D.F. pp. 47-63
- SAT (2009). Salarios mínimos, on line page. <http://www.sat.gob.mx/>
- Seingier, G., Espejel, I. and Ferman, J.L. (2009). Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. *Investigación ambiental. Ciencia y política pública*. [Online] 1:1 .
- Seingier, G., Espejel, I. and Ferman, J.L. , O. Delgado, P. Moreno-Casasola, A. García, y C. Arredondo (2009). Sección 3. Habitantes y patrimonio. Parte I: Poblaciones costeras, vulnerabilidad regional y local. In: Rivera Arriaga E., G. Villalobos, Alpuche, L., Azuz y A. Ortega (eds). *El Cambio Climático en México: un enfoque costero-marino*. In prep.
- SEMARNAT, INEGI and Instituto de Geografía UNAM (2000), *Inventario Nacional Forestal 2000*.
- SEMARNAT (2007) Estrategia Nacional para el Ordenamiento Ecológico del Territorio en Mares y Costas. Colección Legal. Semarnat. 33 pp.
- Sorensen, J. and A. Brandani (1987). An overview of coastal management efforts in Latin America. *Coastal Management*. 15:1-25.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA), 2000. In: Jackson, L.E., Kurtz, J.C., Fisher, W.S. (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 & 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.

Artículo 4

Costas mexicanas: medio-camino hacia la sustentabilidad (Mexico's coasts: half-way to sustainability)

Para ser enviado a la revista

Ocean and Coastal management

Costas mexicanas: medio-camino hacia la sustentabilidad

Resumen

La sustentabilidad fue estimada a través de un índice de capacidad para la sustentabilidad definido como la combinación de tres aspectos (la calidad del medio ambiente, la presión que ejerce las actividades humanas sobre el ambiente, y el bienestar de la población), el cual sirvió de guía en la diferenciación de situaciones de sustentabilidad. Los resultados indicaron cinco grupos de municipios, en términos de sustentabilidad, así como dos umbrales, detrás de cuales no había sustentabilidad: por debajo del umbral inferior de capacidad de sustentabilidad, cerca del umbral inferior, situación optima, cerca del umbral superior, y por arriba del umbral superior de capacidad de sustentabilidad. En general, México se encuentra en una situación equilibrada, en el sentido que no esta sobrepasada alrededor de valores extremos, y que la mayoría de los municipios costeros están en la situación de sustentabilidad optima, en nuestra comparación, la cual corresponde a ciudades costeras medianas. Se pudo concluir que México ha llegado a un punto crítico donde tienen que decidir de la dirección que quiere dar a su desarrollo costero, dado que los resultados sugieren que los municipios costeros de México están a la mitad del camino hacia la sustentabilidad. La situación ideal seria que la situación optima mantenga su baja presión y buen estado actual, pero logre aumentar su bienestar. Este trabajo procura una herramienta de monitoreo y comparación rápida para la evaluación de la situación relativa de sustentabilidad del las costas mexicanas, repetible en el tiempo y de acuerdo con los recientes principios y estrategias de manejo de zona costera a nivel nacional.

Palabras claves

Sustentabilidad, municipios, México, zona costera, modelo presión-estado-respuesta, marginalización

Mexico's coasts: half-way to sustainability

Georges Seingier ^a, Ileana Espejel Carbajal ^{b*} y José Luis Fermán Almada ^a,
Gabriela Montano Cira ^c, Isaac A. Azuz Adeath ^d, Guillermo Aramburo Vizcarra ^e

^a *School of Marine Science*, ^b *Science Faculty*, ^c *Institute of Oceanological Research*,
Autonomous University of Baja California (UABC),

^d *Technical and Superior Learning Center (CETYS University)*,

^e *Ensenada Research and Planning Municipal Institute (IMIP)*

Abstract

Sustainability was estimated through a Sustainable Capacity Index defined as the combination of three aspects (state of the environment, quality of life of the human population, and pressure applied by human activities), used as a guideline for the differentiation of sustainability situations. We identified five different municipality groups, in terms of sustainability, as well as two thresholds, beyond which sustainable capacity was not present: below the sustainable capacity lower threshold, close to the sustainable capacity threshold, optimum situation, close to the sustainable capacity higher threshold, and above the sustainable capacity higher threshold. In general Mexico was found to be in an apparent balanced situation, in the sense that it is not overweighed around extreme values, the majority of the coastal municipalities falling in the optimum sustainable situation, within the cross comparison, characterized by medium coastal cities. We can conclude that Mexico has reached a critical point where it has to decide about the direction its coastal development has to take, since our results suggest that Mexican's municipalities are half way to sustainability. The ideal situation would be that the optimum situation would maintain its actual low pressure with high state, but could increase its quality of life. This work provided a rapid monitoring and cross comparison tool for an estimation of the sustainable situation of Mexico's coasts, repeatable in time, and in phase with the recent national coastal zone management principles and strategies.

Keywords

Sustainability, municipality, Mexico, coastal zone, DSR model, quality of life

1. Introduction

Although various definitions of sustainability are found, all agree that it is related to the interaction of two components: the human society and the environmental/ecological system, both affecting and being affected by the other. If we follow the weak or strong sustainability concept, we define very weak sustainability is when nature resources and services could integrally be replaced by manufacture products, case in which ecological system's sustainability is considered only when necessary for the sustainability of the human, economic and social, component (Turner, 1993). On the other extreme, a very strong sustainability focuses on sustaining the ecological system first, with the belief that natural resource cannot be substituted by human made capital. Our definition of sustainability is of a systematic approach, close to that described by Gallopín (2003), which considers a complete human-ecological system as the system to be considered, as a combination of the two previously described anthropocentric and biocentric point of views. We will therefore talk of sustainability when both socio-economic and natural ecosystem are healthy.

* Corresponding author. Fax: +52 (646) 1744570
E-mail addresses: ileana@uabc.mx

The main questions that we considered relevant to estimate the sustainability were: what is the state of the environment? what are the pressures of society on the environment? and what is the state of the human society (socially and economically)?

To answer these question this works generated a model close to the Driving force, State, Response vision (DSR model of EC, 1996) which will be described in the next section. Both environmental quality and pressure have been estimated by numerous indicators, and depend on the particularity of a studied area, as well as of the scale of the work (Boyd, 2001, Ward *et al.*, 1998, EEA, 2006, CIAT-World Bank-UNEP, 2000). The consideration of natural coverage and landuse for estimating the environmental state and pressure of society has the advantages of providing spatially homogeneous data that can be obtained at recurrent time scales with remote sensing imagery, and this resource is of common use now in Mexico, and data reliability of these national censuses is well documented (Mas *et al.*, 2009).

The state of the human society is an estimation of the quality of life. Definition have been more economic (Gross domestic product), but recently international efforts have been made to develop more holistic indicators. United Nations Development program's Human development Index (UNDP), which added life expectancy and literacy to the monetary indicator, has been used to estimate human development sustainability (Neumayer, 2001). In Mexico, the Marginalization Index (MI), is available for each Mexican locality, municipality and state, every five years, and considers education, health, housing, monetary income and gender (CONAPO, 2000) and has been used at different dates (Sánchez Almanza, 2000). The use of official national census data has the advantage of providing georeferenced data at recurrent dates that can be easily integrated in a geographical information system, that facilitates the spatial analysis of interdisciplinary data.

The pressure put on the environment for the consumption of natural resource, is done by society to seek benefit and a better state. Therefore, the development of the coasts could justify the diminution of natural resources if the population social benefits would increase. In Mexico, efforts to formalize coastal development and management is relatively recent and we can cite the recent *Ocean and Coast sustainable development National Environmental Policy* (PANDSOC, 2009) published by the Environment and Natural Resource Secretary (SEMARNAT, 2007). Work zonified on a regional coastal basis (coastal floristic regions), has described that where more natural coverage has been lost is also where more marginalization has occurred (Seingier et al, 2009). Other detailed work, but in a little part of the coast, has shown a low social condition compared to economic and environmental aspects (Barrera-Roldán y Saldívar-Valdés, 2002). This work proposes to go deeper into the understanding of the relations between environmental state, human pressure on the latter, and the resulting quality of life through a cross comparison of the situation of sustainability capacity for the entire country's coastal municipalities.

In 2005, Mexico counted nearly 104 millions inhabitants and a 16% increased is hoped for 2030, when we will reach 120 million. However, the 15 millions inhabitants of the coastal municipalities are expected to increase 39%, two times more than the national level. The future will bring more pressures, both internal: rural urban migration within the coastal municipalities, and external: population migration towards the coast (Partida, 2008). Moreover, relatively small in comparison, natural pressures will have to be dealt with: sea level rise, frequency change of meteorological events, associated to climate change (Seingier et al, 2009). The resulting changes in the environmental state and in the quality of life of the population will depend on the characteristic of each municipality, of which estimation is proposed in this work, which can serve as a basis for future comparison.

2. Methods

2.1. Sustainable capacity model

Sustainability was defined as the combination of three aspects: state of the environment, quality of life of the human population, pressure applied by human activities, as summarized in Fig. 1. Indicators representative of three components were obtained from official national censuses: percentage of natural

vegetation coverage and perforation of natural vegetation by localities of diverse sizes for the state index SI, population density and percentage of transformed land use (SEMARNAT *et al*, 2000, INEGI, 2000, and CONAPO, 2000) for pressure index PI, and exclusion index to estimate the quality of life (QoLI).

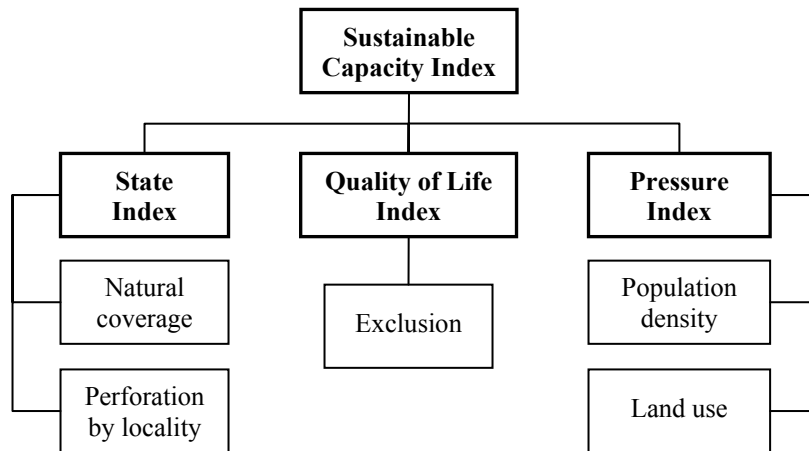


Fig. 1. The 3-component concept of the sustainable capacity index and corresponding subindexes.

The model was integrated *via* a geographical information system and was applied for Mexico's 169 coastal municipalities (with coastline, estuary o coastal water bodies) (Fig 1) with 2000 population census data (INEGI, 2000), resulting in a cross-comparison of all indexes. Results were also grouped by the seventeen coastal states, to provide a regional and other administrative scale interpretation (Fig 2).



Fig. 2. Coastal municipalities and corresponding states.

2.2. Sustainable Capacity Index SCI

A sustainable capacity index SCI was calculated as the sum of PI, StI and QoLI:

$$SCI = \sum (StI, QoLI, PI),$$

where SCI=sustainable capacity index; StI=State index; QoLI=Quality of life index; and PI=pressure index.

The values obtained for the index were not designed as a direct estimation of the sustainability but rather as a guideline for the analysis of the different sustainability situation observed, that would have to consider the relative contribution of PI, StI and QoLI in the SCI, as well as threshold values between which sustainability can be observed.

2.2.1. State index StI

Square kilometers of natural vegetation within the municipality divided by the total municipal area gave a estimation of the quantity of natural environment covering the municipality (natural coverage subindex NCI). The quality of this environment was estimated by a landscape quality indicator as is the number of localities of diverse sizes to municipal area ratio (perforation by locality subindex). The sum of both subindexes represent the State Index SI, constructed so that it increases with more natural vegetation coverage and decreases with developing perforation (more towns and cities).

2.2.2. Quality of Life index QoLI

The National Population Council (CONAPO) develops an index named “índice de marginación” in Spanish, calculated by several indicators from the national censuses (INEGI), which is updated every 10 years. In part, this index was performed to estimate the poverty of Mexicans, but its design is biased to best value urban indicators. Indeed the higher the index the more urbanized the municipality is. Although the relation between quality of life, poverty, and urbanization can be discussed, it is the index we used to estimate the quality of life of the population in international comparisons. Here the index was defined by the inverse of the municipal exclusion index, which is a function of education, health, housing and income indicators calculated from population census (CONAPO, 2000), such that QoLI decreases when exclusion grows.

2.2.3. Pressure index PI

Pressure from land use considered two main activities. Urban use was considered to generate more pressure than agriculture, resulting in a land use index constructed as the sum of the agriculture area and of the urban area (percentage of municipal area), this latter with a weighting of two. Pressure from population was taken into account as a second subindex of pressure as the municipal population density. The sum of both subindex produced a pressure index that increases with both population and transformation of the territory.

All indicators, subindexes and indexes were normalized to obtain dimensionless quantities, ranging from 0 to 1, in order to be comparable, following Nijkamp *et al.* (1990).

3. Results and discussion

3.1. State index

In this cross comparison of Mexican municipalities, a majority of municipal SI values are High or Very High, to the exception of largely transformed Veracruz, followed by highly perforated Chiapas, which concentrate low to medium SI values (Table 1). Three states have very high municipal SI values: mostly large natural with little population concentrated on coast (very high natural coverage subindex

combined with low perforation by locality subindex (Table 1): Baja California Sur on the Pacific side, and Quintana Roo and Campeche in the Yucatan peninsula. These states have large or many protected coastal areas where coastal cities or towns are absent or the existing ones are growing but not increasing in number as is common in other unprotected coastal states.

Table 1. Occurrence distribution of index classes, grouped by states. Equal interval classes: low (L), medium (M), high (H) y very high (VH). Digit refers to number of municipalities.

	State Index				Pressure Index				Quality of Life Index				Sustainable Capacity Index				Tot.
	L	M	H	VH	L	M	H	VH	L	M	H	VH	L	M	H	VH	
B.C.		1	2	1	1	2	1					4			3	1	4
B.C.S.				5	5							5			5		5
Sonora	1	1	4	7	6	5	2				5	8		3	9	1	13
Sinaloa		1	6	3	1	7	2			2	5	3		3	7		10
Nayarit			7	1		7	1				7	1			8		8
Jalisco			1	4	1	4				1	2	2		2	2	1	5
Colima	1		2			2	1				2	1		1	2		3
Michoacan			3		1	2			1		1	1	1	1	1		3
Guerrero		3	7	2		12			3	6	3			10	2		12
Oaxaca		3	12	10	4	18	3		7	12	5	1	3	17	5		25
Chiapas	3	7				8	2			7	3		6	4			10
Tamaulipas		1	5	1	1	3	1	2			3	4		3	2	2	7
Veracruz	16	15	1			12	18	2	4	13	9	6	9	17	5	1	32
Tabasco		1	3	1		3	2			2	3			3	2		5
Campeche			1	6	4	3				4	2	1		3	4		7
Yuactan		1	6	6	2	11				6	6	1		8	5		13
Q.R.			1	6	5	2				2	2	3		2	4	1	7
Total:	21	34	61	53	31	101	33	4	15	55	58	41	19	77	66	7	169

3.2. Pressure index

We observed an overall symmetric behavior of PI compared to SI (very high state corresponding to low pressure, high state to medium pressure, low state to high pressure, as seen in Table 1) which could have relatively been expected since more pressure on the environment will cause more impacts and a lower quality of the environment. However, the application to our case studies showed various interesting asymmetries in this relation.

The majority of the PI values are on the low to medium side, as would dictate the behavior just described if most SI values are high to very high. The low to medium State index of Chiapas corresponds only to medium pressure, although we would expect higher PI. This indicates Chiapas' municipalities' vulnerability, or low capacity to sustain pressure without deterioration of environment quality.

Only two states have municipalities with very high (VH) pressure index PI: Veracruz, as would have been expected from the low state index, and Tamaulipas in the northwestern part of the Gulf of Mexico. As Tamaulipas is not one of the two low SI described before, we can say the opposite as of Chiapas: that Tamaulipas has less vulnerability than Veracruz, or that Chiapas, i.e. has higher capacity to sustain pressure without deterioration of environment quality.

3.3. Quality of Life index

Municipalities of the Baja California Peninsula obtain highest QoLI values, followed by the other northwestern states adjacent to the Gulf of California, down to Colima. The northeastern municipalities of Tamaulipas manage a good score, probably due to more elevated incomes characteristic of border states as well as port activities and fisheries (Sanchez-Gil *et al.*, 2004). Medium to high QoLI were seen in Yucatan peninsula (dependent of fisheries and tourism), while lowest values were characteristic of municipalities in the Guerrero, Oaxaca and Veracruz states.

State grouping for analysis showed to prove a relative regional homogeneity, except maybe for state of Michoacán QoLI, where municipalities have larger range of QoLI, from low to very high, due to the presence of small rural population decreasing municipality, next to one of the countries most important harbor, Lázaro Cárdenas.

3.4. Sustainable Capacity Index SCI

SCI was calculated for each municipality, and results are presented in Fig. 1, along with PI, SI and QoLI values, ordered for increasing SCI. From the relative behavior of the different indexes trend lines, five different municipality groups, or situations were identified in terms of sustainable capacity and sustainability. Two thresholds were considered, beyond which sustainable capacity was not present, meaning that below the lower or above the higher threshold the situation was not sustainable.

- *Sustainability Situation 1 - Below the sustainable capacity lower threshold*

Municipalities located on the left part of Fig. 2 (S1 range) have the poorest environmental state as well as very low quality of life, although with a medium pressure, reason for which they were considered as not sustainable. The right boundary of this situation was considered the lower threshold of sustainable capacity.

- *Sustainability Situation 2 – Close to the sustainable capacity threshold*

S2 range corresponds to municipalities above the lower threshold and thus capable of sustainability: their state index and QoL index have relatively higher values than in situation S1, and lower PI. However, we differentiated this group because of its closeness to the unsustainable situation S1.

Both S1 and S2 correspond to socio economically (and physically, Seingier *et al.* in prep.) vulnerable south Pacific and southwestern Gulf of Mexico zones, generally poor and very rural.

- *Sustainability Situation 3 – Optimum situation*

Municipalities located in this situation have a high environmental state, a low pressure and a medium to high QoLI. It was considered as the more sustainable group for the values of these indexes, which does not represent extreme situations, and are neither close to the lower nor the higher thresholds.

This optimum situation is characterized by municipalities with extended natural space, longer coastline, with coastal medium cities most well known of Mexico as traditional coastal destination of the 70's (Gutierrez de Macgregor 1999) like those found in the *Riviera del Pacífico* small tourist cities (Melaque in Cihuatlán Jalisco, San Blas in Nayarit), differing from the relatively more recent large tourism projects like the well known international destination Cancun in the Caribbean municipality of Benito Juárez.

- *Sustainability situation 4 - Close to the sustainable capacity higher threshold*

The limit of the S4 range is the sustainable capacity higher threshold, where both PI and Si curve have a major inflection point changing both curve directions. In the same way as for S2, for its boundary at the threshold, this situation was differentiated from S3.

Compared to S3, S4 is characterized by slightly lower pressure and higher state, and higher QoL. S3 and S4 are very similar groups of municipalities, composed by little to medium cities in different stages of socio economic development.

- *Sustainability situation 5 – Above the sustainable capacity higher threshold*

We found here municipalities with the large cities, industrial ports and/or capitals, with large population, higher income, which results in a higher QoLI, than in the situation S4 which corresponds to only medium cities. Although this situation corresponds to higher QoL, it is characterized by highest pressure and medium state of environment. We considered that the municipalities with this combination of indexes represented non sustainable cases past the higher threshold of sustainable capacity.

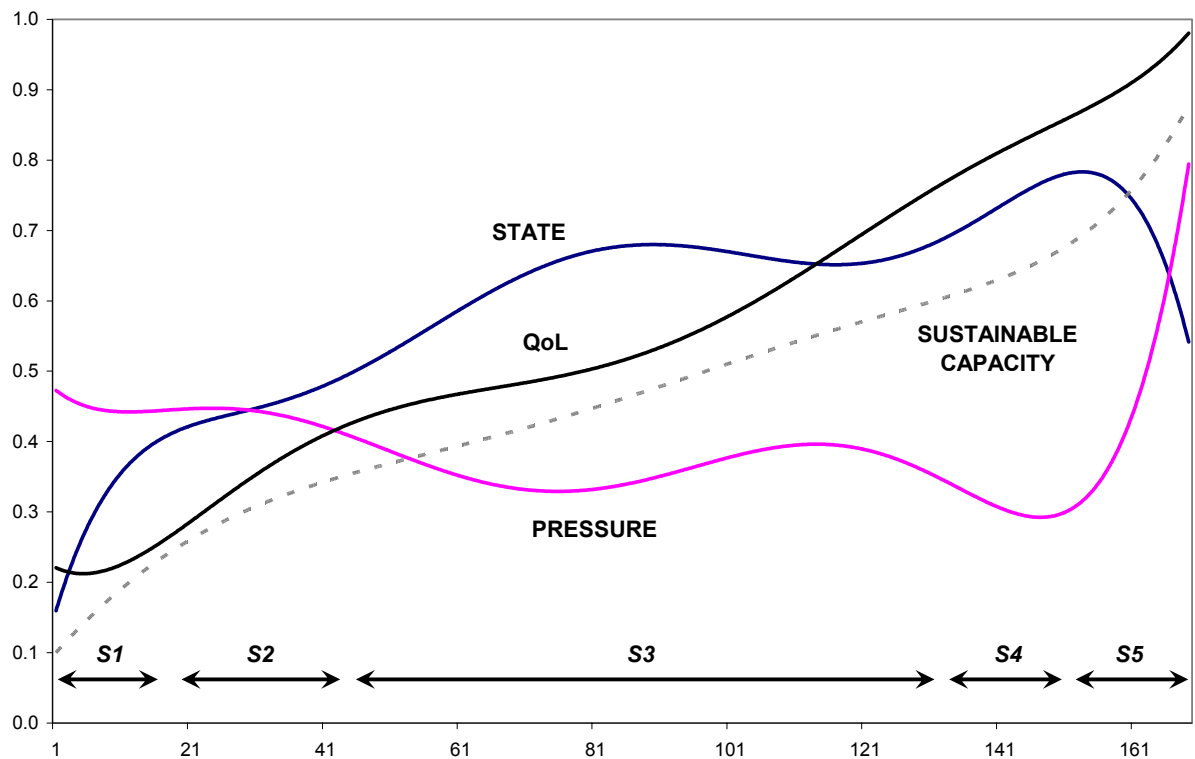


Fig. 2. Resulting trend line of the four indexes values: SI, QoLI, PI, and SCI for the 169 coastal municipalities. Ordered for increasing SCI. Arrows indicate the extent of the five situation ranges.

Twenty percent of the municipalities are in non sustainable situation, half of them above and half below both lower and higher sustainable capacity thresholds. These both non sustainable situations (S1 and S5) will need restoration to recover the quality of environment and regain sustainability; which could be achieved in higher QoL situation 5 by a re inversion of the high income generated in large cities, but seems to be more problematic in poorer municipalities in situation 1, due to the high cost of restoration. Surprisingly is to notice that the most non sustainable situation is also the one with the highest “quality of life” (in the municipality of Puerto Madero harbor, in Tamaulipas state).

One fourth is in the critical situations close to the thresholds (S2 and S4), which were considered non optimum sustainable situation, because they are considered less stable than optimum situation S3, or more vulnerable to deal in a sustainable way to development project or population growth, and therefore to fall

beyond the threshold, as both extreme situations occur in the close to threshold municipalities with population growth and development projects.

This leaves Mexico with little more than half of its coastal municipalities in the optimum sustainability situation, which represents nearly one third of its coastal municipal population (4.5 millions out of 15 millions).

This model sets the basis for the future, while providing 1) the methodology for rapid cross comparisons of the estimation of sustainability and 2) a starting point to monitor the evolution of the indexes. Indeed in 2010 the national census will be available, while the national forestry inventory has just been released in 2009, which will enable us to run the model for an other date and see how the situation has evolved in a decade, and with time be able to build a time frame enabling us to estimate the scenarios followed by each municipalities: sustainable scenario, overexploitation scenario, restoration/remediation scenario, no management scenario to follow Nobre (2009) example.

4. Conclusions

This work provides a rapid monitoring and cross comparison tool for an estimation of the sustainable situation of Mexico's coasts, repeatable in time, and in phase with the recent national coastal zone management principles and strategies.

In general Mexico is in an apparent balanced situation, in the sense that it is not overweighed around extreme values, the majority of the coastal municipalities falling in the optimum sustainable situation, within the cross comparison, characterized by medium coastal cities. Only one fifth of them are in an extreme situation, one due to medium pressure applied to a vulnerable coastal environment and society resulting in low sustainability and the other with very high Quality of life associated to very high pressure around large cities and harbors with low environmental quality, which for the same reason could not be qualified as sustainable.

We can conclude that Mexico has reached a critical point where it has to decide about the direction its coastal development has to take, since our results suggest that Mexican's municipalities are half way to sustainability. The ideal situation would be that the optimum situation, S3 in our cross comparison, would maintain low pressure with high state, but could increase its quality of life. Then, the complex question to answer for the Mexican decision makers should be focused on the development paradigm: which of the component of the QoLI should the efforts be focused to impulse a sustainable quality of life performance of society: education, health, housing or income.

5. References

- Barrera-Roldán, A. and A. Saldivar-Valdés (2002). Proposal and application of a Sustainable Development Index. *Ecological Indicators, Volume 2, Issue 3, Pages 251-256*
- Boyd, D.R. (2001). Canada vs. the OECD. University of Victoria (B.C.). Eco-Chair of Environmental Law and Policy.
- 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).
- Consejo Nacional de Población CONAPO (2000). Indices sociodemográficos. Grado de marginación a nivel localidad, 2000. <http://conapo.gob.mx>
- Dauber, J., Hirsch, M., Simmering, D., Waldhardt, R., Otte, A., Wolters, V. (2003). Landscape structure as an indicator of biodiversity: matrix effects on species richness. *Agric. Ecosyst. Environ.* 98, 321–329.

-
- European Environmental Agency (EEA) (2006). The changing faces of Europe's coastal areas. EEA Report No 6/2006. EEA, Copenhagen, 112 p.
- Gallopín, G. (2003). Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico. CEPAL. ECLAC. Proyecto NET/00/063 "Evaluación de la Sostenibilidad en América Latina y el Caribe". Serie Medio Ambiente y Desarrollo. 64, 46 p.
- Gutiérrez de MacGregor, M.T. y J. González Sánchez (1999). Las costas mexicanas y su crecimiento urbano. Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal. Núm. 40: 110-126.
- INEGI (2000). *XII Censo General de Población 2000*. INEGI, México.
- Kurtz, J.C., Jackson, L.E. and W.S. Fisher (2001). Strategies for evaluating indicators based on guidelines from the Environmental Protection Agency's Office of Research and Development. Ecological Indicators. Volume 1, Issue 1, August 2001, Pages 49-60.
- Mas, J., Velázquez, A., & Couturier, S. (2009) Jun 29. La evaluación de los cambios de cobertura/uso del suelo en la República Mexicana. Investigación ambiental. Ciencia y política pública. [Online] 1:1
- Neumayer, E. (2001). The human development index and sustainability — a constructive proposal. *Ecological Economics* 39 (2001) 101–114.
- Nijkamp, P. and P. Rietveld, H. Voogd. (1990). Multicriteria evaluation in physical planning. Elsevier Science LTD. The Netherlands. 219 pp.
- Nobre, A. (2009). An Ecological and Economic Assessment Methodology for Coastal Ecosystem Management. *Environmental Management* (2009) 44:185–204
- PANDSOC, 2009. Política Ambiental Nacional par el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas (PANDSOC). www.semarnat.gob.mx.
- 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. ISBN: 970-628-933-X
- Sánchez Almanza, A. (2000). *Marginación e ingreso en los municipios de México, Análisis para la asignación de recursos fiscales*, México, Instituto de Investigaciones Económicas-UNAM, Miguel Ángel Porrúa, 2000, 278 pp.
- Sanchez-Gil, P., Yanez-Arancibia, A., Ramirez-Gordillo, J., Day, J.W., and P.H. Templet. (2004). Some socio-economic indicators in the Mexican states of the Gulf of Mexico. *Ocean & Coastal Management* 47 (2004) 581–59
- Seingier, G., Espejel, I. and Ferman, J.L. (2009). Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. Investigación ambiental. Ciencia y política pública. [Online] 1:1 .
- Seingier, G., Espejel, I. and Ferman, J.L., O. Delgado, P. Moreno-Casasola, A. García, y C. Arredondo (In prep.). Sección 3. Habitantes y patrimonio. Parte I: Poblaciones costeras, vulnerabilidad regional y local. In: Rivera Arriaga E., G. Villalobos, Alpuche, L., Azuz y A. Ortega (eds). *El Cambio Climático en México: un enfoque costero-marino*.
- SEMARNAT, INEGI and Instituto de Geografía UNAM (2000), *Inventario Nacional Forestal 2000*.
- SEMARNAT (2007) Estrategia Nacional para el Ordenamiento Ecológico del Territorio en Mares y Costas. Colección Legal. Semarnat. 33 pp.
- Tasser, E., Sternbach, E., and U. Tappeiner (2008). Biodiversity indicators for sustainability monitoring at municipality level: An example of implementation in an alpine region. *Ecological Indicators*. 8; 204–223.
- Turner, R.K. (1993). Sustainability: principles and practice. En: R. Kerry Turner (ed.). *Sustainable environmental economics and management: principles and practise*. Belhaven Press, Londres, p. 3-36.
- United Nations Development Programme, various years. Human Development Report, Oxford University Press, New Cork.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA), 2000. In: Jackson, L.E., Kurtz, J.C., Fisher, W.S. (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 & 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.

Discusiones

Se abordan cuatro temáticas en esta sección. Las dos primeras se relacionan a dos fuerzas desfavorables para la gestión sustentable de la zona costera de México, como identifica el INE (2000), y que son: (1) la escasez de estudios que integren el conocimiento de estudios disciplinarios; y (2) la insuficiencia de información disciplinaria generando una necesidad de generación de más información. El presente trabajo es una propuesta para contrarrestar el (1) a través de la construcción de modelos integradores, y comprobar que al usar información censal ya existente la problemática (2) se resuelve. Al tener estudios integradores, con (3) ciertos arreglos en diferentes unidades de evaluación espaciales, de los datos disponibles, se puede (4) plantear el uso de los resultados en el corto plazo y proponer futuras aplicaciones.

1- De los modelos

El presente trabajo coincide con trabajos a visión integradora (Dixon y Fallon, 1991; López-Ridaaura et al, 2002) en que el concepto de sustentabilidad debe integrar tanto indicadores biofísicos, como indicadores económicos, así como indicadores sociales. Un ejemplo es la agregación de un índice de calidad de vida al modelo de sustentabilidad, lo cual responde a preocupaciones como las descritas por Nobre (2009) de integración de un componente social en el modelo DPSIR, y de allí se buscó investigar la sustentabilidad como función del estado del medio ambiente, del estado la sociedad, y de la presión que ejercen el uno sobre el otro. No se consideraron todos los componentes del modelo PER y de sus versiones descritas anteriormente, porque tienen un enfoque de modelos mas de evaluación de políticas o de monitoreo de respuestas, por lo tanto consideran información de fechas diferentes, lo que permite evaluar la evolución del sistema por ejemplo como el ambiente y la sociedad reaccionan a las respuestas y a cambios en fuerzas motrices. Sin negar la importancia de evaluar las políticas, este trabajo pretende mas bien proporcionar la caracterización de un estado cero, dejando las bases para una comparación futura con fechas posteriores , resultados de cuales podrán ser comparados a los de este estudio y de allí analizar las razones de la evolución observada, y si se integra los demás componentes de los modelos PER, según el enfoque que se quiere dar, se podrá monitorear y evaluar (para una fecha futura) los estados el ambiente como de la sociedad y los efectos de implementar una política, por ejemplo monitorear la componente social en función del ingreso per capita o numero de empleos resultados de modificaciones de la actividad económica (Nobre, 2009).

Sin embargo, si bien logramos proporcionar la caracterización de un estado cero, y el uso de datos a fechas posteriores no permitirá ver la evolución del sistema, no podemos obtener un numero absoluto de la distancia que falta para llegar a la sustentabilidad, pero podremos conocer la dirección de la evolución, si es hacia una

situación de mas sustentabilidad o al contrario si nos estamos alejando de la sustentabilidad.

Al construir los modelos, en el proceso de normalización, algunos autores fijan umbrales mínimos y máximos los cuales definen situaciones ideales y peores (Barrera-Roldán y Saldívar-Valdés, 2002; Manoliadis, 2002). Estos umbrales se definen en función de parámetros internacionales (por ejemplo promedio mundial del PIB y PIB de Gran Bretaña como mínimo y máximo en Barrera-Roldán y Saldívar-Valdés, 2002) o de estándares (normas oficiales, de calidad de aire por ejemplo), y mas allá de estos valores, todos las unidades de evaluación tiene el mismo valore o 0 o 1. Si bien este método permite compara valores a nivel mundial para diferentes entidades de evaluación, podría implicar que un gran grupo de municipios se quedan arriba de un umbral (1, en país muy desarrollados) o debajo del mínimo (0, en país en desarrollos) y no reflejar la complejidad de una situación nacional municipal costera como la de nuestro trabajo por ejemplo, por lo cual se sugiere que en caso de uso de este método se ajuste vía un acercamiento o cambio de rango para representar con mas detalle y de manera mas relevante la situación de un país, por medio de un acomodo de los mínimos y máximos a los de México. Además, los mínimos y máximos cambiando con el tiempo, y si, como es el caso en lo que planteamos, queremos monitorear y comparar valores presentes con valores futuros podríamos tener complicaciones debido al repaso de uno de estos valores extremos y caer otra vez en la problemática de no reflejar la complejidad de una situación.

Los modelos como los desarrollados aquí no usan este concepto de valor umbral aunque también son modelos de carácter comparativo, pero 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 resultantes valores de los índices no son absolutos, en el sentido que no representa el valor máximo del fenómeno observado, pero mas bien el valor máximo de nuestro universo muestreados (por ejemplo de los 169 municipios); no represente 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 “mas” sustentable que otro (o en situación de “mas” riesgo que otro), sin poder afirmar que en un municipio no haya situación de riesgo, pero mas bien que hay municipios con un situación de “mas” riesgo que otros y por lo tanto nos proporciona una herramienta de comparación entre territorios similares. Nos 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.

Si aquí la sustentabilidad se definió como una relación positiva entre el estado del ambiente, la presión y el desempeño, cabe preguntarse como se podría incorporar el componente desarrollado en el segundo artículo de riesgo IR al modelo de sustentabilidad del último artículo. Una comparación de resultados entre el

modelo de riesgo y el modelo de sustentabilidad nos dice que no forzosamente los municipios no sustentable son los con mas riesgos, aunque pueden coincidir, pero trabajos futuros deberían buscar la forma de incluir una componente de riesgo costero, relacionado al mismo riesgo así como a la tendencia - que sea de origen natural (cambio climático, aumento del nivel del mar, cambio en la frecuencia de eventos meteorológicos, erosión) o antropogénico (crecimiento poblacional, migración hacia las costas, remoción de vegetación costera con atributos funcionales) - de aumento o disminuyo del índice de riesgo municipal costero. Técnicamente, si bien los separamos en dos modelos, comparten indicadores (ver anexos) y la inclusión del IR al modelo de sustentabilidad tendrá que someterse a un análisis extenso de evaluación para asegurarse de no caer en una duplicación de la información a través de indicadores similares.

La elección de los indicadores fue de acuerdo al propósito de cada modelo y obtuvieron buena calificación en general, de acuerdo a los esquemas propuestos en la actualidad, como el de US EPA (2000) por ejemplo. Todos los subíndices fueron compuestos de indicadores desarrollados en el presente trabajo y cabe mencionar que el subíndice de calidad de vida en el modelo de sustentabilidad fue el único subíndice desarrollado a fuera del presente trabajo, con indicadores ya “incluidos” por CONAPO, por ser construido a partir de indicadores de salud educación vivienda y ingreso. Una discusión, o una de las limitantes de este indicador es que se le “acusa” de ser muy ligado a conceptos urbanos como si fuera un indicador de urbanización. Se puede agregar al debate las implicaciones de haber usado promedios de datos por localidades para obtener un dato de marginación para una superficie dada del territorio (planicie costera o franja de 2 km). El propósito del índice de marginación parece ser de iniciar el debate sobre la definición de la calidad de vida. Se eligió el índice de marginación IMarg como indicador por su disponibilidad, el índice de desarrollo IDH resulto producir resultados similares, por ser el inverso del IMarg. Si embargo, desglosar los indicadores componiéndolo y ver variaciones en los resultados al estar uno o varios indicadores del índice de marginación, especialmente el de ingreso, para tener una evaluación de la calidad de vida separada del aspecto económico, al cual suele ser muy asociado.

La elección de los demás indicadores también fue sujeta, hasta cierto punto, a la disponibilidad de datos, el cual es el segundo punto que abordaremos en esta sección de discusión.

2- De la base de datos

Una limitante para la gestión de la zona costera en México, que se hace mayor al querer estudiar un sistema a nivel nacional, ha sido identificado como la insuficiencia de información disciplinaria (INE, 2000), o también como la falta de disponibilidad de datos homogéneos y de confianza (Escofet y Espejel, 2004), lo cual a veces crea la ilusión de una necesidad de generación de más información, la cual acapara recursos económicos, humanos y tiempo, los cuales se podrían aprovechar de otra manera al usar información ya disponible. La información sobre la calidad ambiental o aspectos de sustentabilidad suele ser sectorial cuando es analizada a una escala administrativa (enfocada a contaminación de agua, o del aire, por residuos: Boyd, 2001; EEA, 2006; CIAT-World Bank-UNEP, 2000) o es, cuando analizada con una visión mas holística, con una base paisajística o de hábitat (biodiversidad de un ecosistema por ejemplo: Dauber et al., 2003) y de ende no directamente relevante para un análisis municipal.

El presente trabajo logra una propuesta para formatear la información ya existente, de censos nacionales, para obtener datos a un nivel de unidad política administrativa. Se usaron los censos de población y los inventarios forestales, los cuales nos proporcionan datos socio económicos y ambientales respectivamente. Esta propuesta procura dos gran ventajas: la disponibilidad en cuanto a extensión espacial de la información para una fecha dada y la recurrencia temporal de disponibilidad de datos. Además de tener un historial de datos, los censos futuros están planeados cada cinco o diez años, con metodologías similares, homogéneas a lo largo del territorio, lo que facilita el monitoreo y el análisis de la evolución del sistema. La envergadura tan grande de un proyecto censal oficial hace que los recursos desplegados para realizarlos lo sean en igual proporción y nos garantiza una información con cierta calidad, que además se mejora a cada censo, y que esta bien documentada (Mas et al, 2009).

Al querer evaluar diferente espacios como la planicie costera y la franja litoral, se utilizo la información en su forma puntual (datos por localidad) para poder seleccionar por su ubicación las localidades dentro de cada espacio costero y agregarlos para obtener un valor promedio o suma según los casos (suma de población en la planicie costera, promedio del índice de marginación en la franja litoral, por citar unos ejemplos). Por esta metodología, no se usaron censos económicos por no existir censo por localidad a nivel nacional lo cual no se permite extraer es sistema de la planicie no de la franja litoral. La diferenciación entre sectores económicos se hizo solamente en el índice de presión al diferenciar el uso de suelo agrícola del urbano, para considerar que el segundo aplica mas presión al ambiente que el primero. En cuanto a los inventarios forestales, las áreas que manejan se dividieron según las unidades de evaluación. Estas operaciones de análisis espacial se lograron gracias a un sistema de información geográfica.

3- Del arreglo de las bases de datos: la zonificación del espacio costero

Dentro del contexto de estimación de desarrollo sustentable, definido como una relación entre la integridad ecológica y el bienestar humano (Troyer, 2002), algunos autores fomentan el uso de una zonificación (definida como la delimitación de las unidades de evaluación) que sigue criterios ecológicos mas que criterios políticos para la recopilación de datos, justificándolo con el hecho de que el bienestar de la sociedad depende sobre los sistemas de recursos naturales y de soporte de vida procurados por ecosistemas sanos (Troyer, 2002). Sin embargo, no existe consenso científico sobre la definición de la medición de integridad ecológica (ni tampoco sobre la de bienestar, como se menciono anteriormente al mencionar las limitaciones de usar el índice de marginación). Varias opciones de criterio ecológicos se presentan en la literatura como son las zonificaciones por cuencas hidrológicas, por unidades costeras homogéneas (Escofet, 2004). En el presente trabajo se utilizaron cinco criterios par zonificar el territorio (Figura 8).

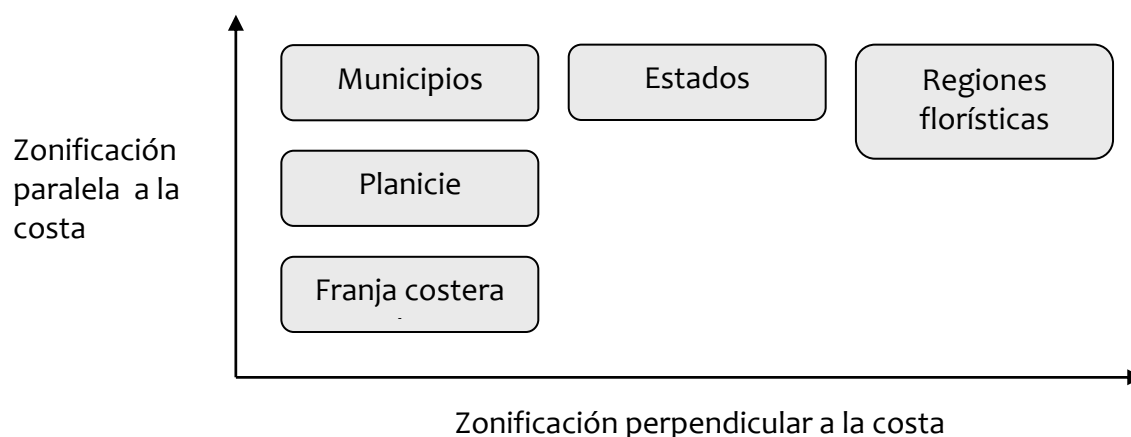


Figura 8. Criterios par delimitar el territorio, en las direcciones tanto paralela como perpendicular a la costa.

Primero, para delimitar los limites tierra dentro de la zona costera, se consideró la definición operativa del concepto de zona costera como los limites político-administrativos sobre los que se pueden aplicar leyes y reglamentos (INE, 2000). Aunque se han propuesto limites como los de cuencas hidrológicas (INE, 2003), regiones hipsográficas (Escofet, 2004), o limites de ordenamientos costeros (perímetros de veinte kilómetros alrededor de la costa por ejemplo en el Golfo de California (DOF, 2006), por no existir tales ordenamientos para todo el litoral del país), se escogió el limite municipal como el limite tierra dentro de la zona costera, justificándose en el hecho que autores han reconocido el uso de unidades administrativas locales, como son los municipios, para el monitoreo de la sustentabilidad, debido a su importancia como unidad de toma de decisión (Tasser, 2008).

En cuanto a la delineación perpendicular a la costa de la unidades de evaluación, se consideraron tres criterios, uno florístico y dos político-administrativos. En una primera aproximación (primer artículo) se agruparon los 169 municipios costeros en las cinco regiones florísticas definidas para la vegetación de ambientes no inundables (Moreno Casasola *et al.* 1998). El deseo de, una vez hecho un análisis a nivel de zona costera en el primer artículo, complementarlo con un análisis similar pero para una sistema exclusivamente costero que es el de dunas costeras, en un franja mas costera, nos influyo en escoger el uso de las regiones florísticas. Estas regiones son consistentes con los sistemas y subsistemas de la regionalización de los mares de México (Espejel y Bermúdez 2009) inmersa en la lógica propuesta por el Instituto Nacional de Ecología (INE) (Córdova *et al.*, 2006 y en prensa) para el ordenamiento marino y costero del país. Sin embargo, cortan unas entidades federativas, especialmente Baja California y Baja California Sur, ambos divididos en dos a lo largo de la península, así como el estado de Campeche, y la comunicación de resultados podría verse alentada por la no asociación espacial de las mismas a una entidad administrativa o tomadora de decisión. Anteriormente se hizo el análisis del primer artículo con límites correspondientes a las Unidades Costeras Homogéneas (UCH) propuestas por Escofet (2004) las cuales combinan conceptos político-administrativo como ecológico porque en su porción marina corresponden a los grandes ecosistemas marinos y en la porción terrestre a una mezcla de las unidades hipsográficas y a los estados costeros. Siempre se prefiero presentar en el presente trabajo lo zonificación de acuerdo a las regiones florísticas, aunque la problemática descrita anteriormente fue la misma.

Por lo tanto, se prefirió para el desarrollo de modelos en los demás artículos, hacer el análisis con una base de datos municipal pero aglomerándolos en sus respectivos estados. El limite municipal o estatal perpendiculares a la costa, cortarán la franja costera paralela a la costa que se extiende hasta el limite tierra dentro de los municipios costeros.

Paralelamente a la costa, se diferenciaron tres espacios de análisis, dentro de las unidades de evaluación. El primero contempla el criterio operativo de orden administrativo que es el municipio en su totalidad.

Luego se considero para el cálculo de varios indicadores la extensión de la planicie costera, la cual es mas directamente ligada a problemática de zona costera por contener la parte baja de las cuencas hidrológicas, donde mas agricultura ocurre, y donde mucha de las actividades relacionadas con el litoral están geográficamente ubicados. En nuestro estudio los municipios de los tres estados de la península de Yucatán, así como otros repartidos en la franja, resultan ser todos completamente en la planicie costera, lo que da un valor muy extremo a una tercera parte de este indicador. Cabe mencionar la existencia de una definición de municipios costero que contempla tres grados de "costeralidad": primer orden, como los de este estudio con frente de mar o laguna costera, y de segundo y de tercer orden aquellos en planicies costeras con presencia de vegetación de humedales pero sin frente de mar (SEMARNAT, 2007b). Los modelos desarrollados en el presente trabajo permiten

agregar más municipios a los ya existentes, si quisiéramos extender la definición de nuestra zona costera.

El tercer espacio de evaluación paralelo a la costa es una franja costera de dos kilómetros de ancho. Se desarrolló en el primer artículo por abarcar el perímetro de ocurrencia de las dunas costeras como un sistema estrictamente costero que queríamos estudiar, y se usó en la evaluación del riesgo costero como representativo de espacio de amortiguamiento entre el mar y la tierra. Resalta la importancia de esta franja por ser donde la ubicación exclusiva de ecosistemas costeros como manglares, humedales y dunas.

El lazo con la parte marina es un aspecto a integrar en futuros modelos y no se desarrolló en el presente trabajo, aunque el uso del indicador de presencia de aguas marinas interiores (bahía, estuario, lagunas...) es un primer paso, por sus importantes funciones ecológicas, ligadas a procesos marinos. Se tendrá que evaluar la disponibilidad de datos en la parte marina para poder integrar modelos equivalentes a los desarrollados aquí en la contraparte terrestre de la franja costera.

Al combinar el uso de varios criterios, se buscó balancear criterios funcionales de las costas con los criterios operativos de orden administrativo. Gracias a un sistema de información geográfica (SIG), todos esos criterios se pudieron recopilar en un mismo ambiente de trabajo, y el SIG resultó ser una herramienta cartográfica de recopilación de información interdisciplinaria y de análisis espacial muy útil para la construcción de cada índice, y deja la puerta abierta para la agregación de mas información.

4- De los resultados

Los cuatro artículos y sus diferentes modelos nos permitieron estimar gracias a la uso de información censal:

- El estado, o condición, del ambiente natural,
- El estado, o condición socio económica, de la población,
- La presión de origen natural ejercitándose tanto sobre el ambiente como sobre la sociedad (ligado al cambio climático y a la peligrosidad natural)
- La presión socioeconómica (cambios poblacionales pasados y proyectados a futuro)
- Las situaciones de sustentabilidad

Discutiremos los resultados de cada artículo dentro del contexto general del trabajo de sustentabilidad de la zona costera mexicana y respecto a los demás. En el primer artículo, al comparar un índice de aprovechamiento de los recursos con un índice de calidad de vida, podemos decir que el aprovechamiento es solamente de un sentido al ver que donde más se ha aprovechado el recurso natural es donde la población es más marginada. De esto resultados se puede aprender lecciones a no repetir y reflexionar sobre como el aprovechamiento de los recursos naturales (perdida de vegetación natural) puede traer un beneficio a las poblaciones locales.

Sin embargo, hay que recordar que las particularidades de cada municipio están diluidas en la agrupación en regiones florísticas y un análisis de la situación por municipio aportará información valiosa para el entendimiento de los procesos evaluados.

En el segundo artículo, unas situaciones de riesgo están caracterizadas e identificadas según diferentes perspectivas (naturales y socioeconómicas) a través de una comparación municipal. En cuanto a los municipios donde el riesgo costero es mayor, se constató que allí el modelo de desarrollo bajo análisis ha producido una población vulnerable socio económicamente, y/o que la planeación (o falta de planeación) ha ubicado grandes desarrollos en zonas peligrosas física o climatológicamente.

El tercer artículo describe el potencial para un desarrollo costero basado en diferentes condiciones fisiográficas y socioeconómicas (consideradas favorables al desarrollo costero, la falta de cualquiera de ellos llevara a un disminuir la orientación costera de un municipio dentro de la comparación, y de allí representara menos potencial para un desarrollo costero dado). El cual nos proporciona una herramienta para buscar soluciones u opciones de desarrollo que podrán disminuir el riesgo costero a futuro.

El ejemplo del segundo artículo donde una problemática es constatada y del tercer artículo donde unas opciones están propuestas, viene siendo solamente un ejemplo usando la base de datos censales, y se puede pensar en otros ejemplo fácilmente factibles de llevar a cabo con la misma base de datos (por ejemplo relacionados a una ecosistema con atributos funcionales como los manglares, o a un sector productivo como es el agropecuario), estando la estructura del modelo lista para usar a otra escala en la zona prioritaria, claro habría que considerar los ajustes escalares de los indicadores para representar los diferentes componentes a la nueva escala (Arredondo Garcia, 2006).

En el cuarto artículo, se generó una herramienta comparativa municipal de estimación del grado de la sustentabilidad, la cual ilustra la situación de la costa mexicana, y experiencias no sustentables a no seguir, de la misma manera que en el primer artículo.

Sin embargo, el pronóstico para el futuro es de qué aumentará la presión de la sociedad debido al crecimiento poblacional en la zona costera, a la cual se agregara la migración rural-urbana. A esta presión más importante, hay que agregarle las presiones naturales relacionadas al cambio global. Los modelos del presente trabajo sugieren una situación actual donde todos los resultados indican que solamente la mitad de los municipios están en situación de no sustentabilidad, y que no hay agregaciones en un extremo o otro de los valores de los índices, significando que México esta un momento crítico para elegir su camino hacia el desarrollo; o sigue con los mismos tipos de desarrollos, lo que a mediano y largo plazo lo alejará de la sustentabilidad, o repiensa su definición del desarrollo, y fomentar un

desplazamiento del crecimiento como un fin último hacia el desarrollo como proceso de cambio cualitativo (Guimarães, 1998).

Sin embargo, los modelos son solamente herramientas que nos permitirán ver la evolución del sistema ambiente sociedad como consecuencia de políticas de respuestas frente a estas presiones, y bien si se describen las ventajas de usar datos de los censos y se ve el potencial de desarrollar mas modelos a partir de la misma base de datos como ejemplificado con los artículos dos y tres, necesitan estar integrados dentro del proceso de toma de decisión para cobrar su verdadera utilidad a fuera del ámbito académico.

A través del uso de varias zonificaciones de la zona costera, el nivel del municipio es el que resultó ser el más adecuado como unidad de evaluación debido a que se pierden las particularidades de cada uno al agregarlos en estados o regiones florísticas. Por lo tanto, los municipios costeros surgen como los potenciales usuarios de los modelos desarrollados aquí, específicamente, la Asociación Nacional de Municipios Costeros, organización municipalista y políticamente plural, creada para impulsar el desarrollo económico, social y ambiental de las ciudades con litoral en el país, con la visión de ser la punta de lanza del desarrollo del país.

Los diferentes modelos desarrollados, así como los ejemplos a futuro citados anteriormente, ofrecen las bases para desarrollar un centro de información para los municipios costeros del país, donde la ANMCO podría ser el usuario principal, y orientar las prioridades de generación de información relevantes para resolver las problemáticas propias a los municipios costeros de la República. En un primer paso, los municipios podrán situarse dentro del contexto actual del país; aliarse con otros municipios costeros que comparten características, problemáticas y/o prioridades costeras similares, y así permitir el acercamiento de los tomadores de decisiones; y difundir (o aprender de) las lecciones aprendidas.

La PANDSOC recomienda también el desarrollo de un centro parecido a través de la creación de un Sistema Ambiental Nacional de Información de Costas y Océanos (SANICO) para la evaluación y monitoreo del ambiente costero, para comunicar y orientar la investigación científica, y para la generación de análisis a diferentes niveles, los cuales podrán servir como insumo para ordenamientos locales, regionales, que sean municipales o costeros. La ventaja económica de usar datos de censos que se generan automáticamente es relevante para los procesos de las bitácoras de los ordenamientos así como para cualquiera proceso de gestión que implica una comparación entre dos fechas.

El uso de la base de datos con modelos similares representa un gran potencial para ordenamientos, planeación y manejo costero, y se recomienda continuar a identificar, a partir de procesos regionales, los municipios prioritarios que requieran de procesos de planeación (la PANDSOC recomienda ordenamiento ecológico) a una escala mas fina.

La figura de la entidad municipal se ha utilizado también en la propuesta de regionalización de los mares de México (Espejel y Bermúdez 2009) y esta inmersa en la lógica propuesta por el INE (Córdova *et al.*, 2006 y 2009) para el ordenamiento marino y costero del país. Asimismo, será útil para dar seguimiento a la aplicación de la recién estrenada política de mares y costas (DOF, 2008) de manera coincidente con los ordenamientos marinos y costeros del país.

Al tratar el presente trabajo de zona costera, a futuro lo ideal sería de integrar la parte marina. Allí, la problemática de disponibilidad y homogeneidad de datos y de confiabilidad se hace mas grande que en la parte terrestre. Si embargo, se propone, en una primera aproximación, unir el marino con el terrestre a través de las unidades costeras homogéneas (Escofet 2004), como las han usado Delgado *et al* (en preparación).

Conclusiones

Conclusiones del primer artículo

- El Golfo de México y el Pacífico son las regiones que perdieron más vegetación natural en sus municipios costeros, y más dunas en su franja costera.
- Sin embargo son también las regiones que tienen los índices más altos de marginación de la costa mexicana.
- De estas dos regiones es posible obtener lecciones para no repetir el tipo de desarrollo costero que pierde naturalidad y no mejora las condiciones sociales de sus habitantes. Parece una tarea urgente, el diseño alternativo de los desarrollos urbanos (turísticos e industriales) para no repetir lo descrito en estas dos regiones.
- La figura de la entidad municipal resultó relevante por su carácter homogéneo en cuanto a gestión de políticas públicas (ANMCO, 2008) y porque se ha utilizado en la propuesta de regionalización de los mares de México (Espejel y Bermúdez, 2009).
- El uso de una franja de una distancia arbitraria (2 km) presenta la ventaja de trabajar en un espacio de ancho constante, lo que no fue posible con el análisis a nivel de las planicies costeras, y permite comparar datos de superficie relevante para el estudio de una cobertura vegetal de un ecosistema netamente costero no inundable.
- Para la vegetación inundable se recomienda utilizar el concepto de municipio de segundo y tercer orden que usa la SEMARNAT (2006).
- Dado que se perdió en 24 años 14 % de la superficie de vegetación de dunas de México y que el modelo de desarrollo de las costas se está reproduciendo de la misma manera no sustentable en varios lugares, a través de proyectos turísticos, portuarios y residenciales, es sumamente importante establecer un programa continuo de protección y manejo de dunas costeras.
- El índice de marginación es mayor en el municipio que en la franja costera, y casi iguales en el Golfo de México, que es la zona más transformada (59% y 42% transformado en la totalidad del municipio y en la franja, respectivamente).

- La comparación regional entre los datos de numero de localidades pequeñas (<100 habitantes) en la franja de dos kilómetros y la perdida de vegetación de dunas costeras muestra una relación entre las dos variables.
- Trabajos como el primer artículo puede considerarse como una primera descripción del *estado cero* a partir del cual dar seguimiento a la política recién instrumentada de mares y costas de México utilizando como indicadores de desarrollo sustentable la proporción de vegetación natural y transformada, la tasa de cambio y la cobertura de vegetación de dunas costeras siempre asociados a los índices de marginación.

Conclusiones del segundo artículo

- La combinación de un índice de peligrosidad costera con un índice de vulnerabilidad socioambiental resultó relevante para la estimación comparativa de un índice de riesgo asociado al cambio climático de la franja costera municipal del país.
- El mapa de riesgo costero resultante del segundo articulo todavía no muestra un país con una gran proporción en riesgo costero, pero es urgente cambiar los paradigmas del desarrollo costero para que no lo transformemos en uno.
- Este capítulo hace una propuesta de riesgo costero acotada a los estados prioritarios marcando las prioridades de unos sobre otros en materia de amenazas hidrometeorológicas y su capacidad de respuesta o adaptación al cambio.
- Si se están construyendo más municipios en riesgo costero, es importante propiciar más acciones preventivas que reduzcan la vulnerabilidad y disminuyan el riesgo y se generen estrategias de adaptación en los planes de desarrollo regional, estatal y municipal.
- Basándose en los recientes y futuros modelos de desarrollo proyectados para las costas, idénticos a los pasados, y a las proyecciones demográficas para el 2030, no se proyecta un escenario futuro diferente, de hecho será peor, ya que aumentará la población vulnerable a los efectos del cambio climático la cual vivirá en sitios peligrosos por lo que habrá más municipios con mayores índices de riesgo costero.
- Es importante que la asociación de municipios costeros conozca el diagnostico actual del país y que se construyan alianzas entre aquellos que comparten prioridades de riesgo costero y que se difundan las lecciones aprendidas.

Conclusiones del tercer artículo

- Un índice de orientación costera debe integrar tres tipos de indicadores: físicos, ecológicos, y socioeconómicos.
- Un municipio con alto índice necesita un alto ratio (longitud de costa / área municipal), la mayoría de su territorio por debajo de los 200 metros de altitud, tener aguas marinas interiores, la mayoría de su población y de sus ciudades mas importantes ubicadas en la planicie costera, donde ingresos altos deben de ser presentes.
- Estas condiciones fisiográficas y socioeconómicas son consideradas favorables al desarrollo costero, la falta de cualquiera de ellos llevara a un disminuir la orientación costera de un municipio dentro de la comparación, y de allí representara menos potencial para un desarrollo costero dado.
- El uso en este modelo de indicadores físicos constantes espacio temporalmente y de datos socioeconómicos de censos oficiales presentaron la ventaja de su homogeneidad metodológica y espacial, además de su actualización con fechas recurrentes, el cual fue preferido al desarrollo de índices complejos con costo potencialmente elevado
- El modelo proporciona una estimación de referencia para ser comparada con futuros datos
- Los resultados revelaron una costa compleja si la consideramos a través de cada componente así como cuando vista con el resultante índice integral COMI.
- El índice de orientación costera municipal y sus sub índices se proponen como parte de los indicadores observatorios de programa de monitoreo costero nacional.
- El modelo se propone como una herramienta rápida de comparación municipal, la cual apoya las estrategias de México, de acuerdo con los recientemente publicados principios rectores del manejo integral costero a nivel nacional

Conclusiones del cuarto artículo

- La sustentabilidad se pudo estimar a través de la combinación de tres aspectos (la calidad del medio ambiente, la presión que ejerce las actividades humanas sobre el ambiente, y el bienestar de la población)
- Los resultados indicaron cinco grupos de municipios, en términos de sustentabilidad, así como dos umbrales, detrás de cuales no había sustentabilidad: por debajo del umbral inferior de capacidad de sustentabilidad, cerca del umbral inferior, situación optima, cerca del umbral superior, y por arriba del umbral superior de capacidad de sustentabilidad.
- Este trabajo procura una herramienta de monitoreo y comparación rápida para la evaluación de la situación relativa de sustentabilidad de las costas mexicanas, repetible en el tiempo y de acuerdo con los recientes principios y estrategias de manejo de zona costera a nivel nacional.
- En general, México se encuentra en una situación equilibrada, en el sentido que no está sobrepasada alrededor de valores extremos, y que la mayoría de los municipios costeros están en la situación de sustentabilidad optima, en nuestra comparación, la cual corresponde a ciudades costeras medianas.
- Solamente una quinta parte de los municipios costeros están en una situación extrema, una debida a presión media aplicada a un ambiente y sociedad costeros vulnerables resultando en baja sustentabilidad y otra situación extrema con muy alta calidad de vida asociada a muy alta presión alrededor de ciudades y puertos grandes pero con poca calidad ambiental, los cuales por estas razones no pudieron ser considerados sustentables.
- La situación ideal sería que la situación optima mantenga su baja presión y buen estado actual, pero logre aumentar su bienestar.
- Se pudo concluir que México ha llegado a un punto crítico donde tienen que decidir de la dirección que quiere dar a su desarrollo costero, dado que los resultados sugieren que los municipios costeros de México están a la mitad del camino hacia la sustentabilidad.
- La pregunta compleja a contestar por parte de los tomadores de decisiones mexicanos debe relacionarse al paradigma del desarrollo. ¿Sobre cual componente de la calidad de vida debe enfocarse los esfuerzos para impulsar una sociedad sustentable en términos de calidad de vida: la educación, la salud, la vivienda, o el ingreso?

Conclusión general

El uso, en el cálculo de los diferentes índices, de datos ambientales y/o socioeconómicos provenientes de censos oficiales (censos de población, e inventarios forestales), reduce considerablemente los problemas de disponibilidad de datos y procura dos gran 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 nos asegura poder obtener valores de los índices para fechas futuras, y nos lleva a 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.

El solo uso de la base de datos censal permite caracterizar y comparar a lo largo de la costa, a través de la construcción de índices que contemplan indicadores tanto cualitativos como cuantitativos para una fecha dada:

- 1) el estado, o condición, tanto del ambiente (cobertura natural, o de dunas) como de la sociedad (densidad, calidad de vida), así como
- 2) las fuerzas, naturales (cambio climático) como antropogénicas (proyección demográfica), que actúan sobre los mismos.

El potencial de desarrollo de modelos y de hacer análisis a nivel de toda la costa mexicana al usar los datos censales se ilustró a través del desarrollo del índice de riesgo costero y del índice de orientación municipal costera, casos en los cuales una problemática es constatada (segundo artículo) y unas opciones están propuestas en el tercer artículo.

A través de los primeros tres artículos, se estudiaron diferentes aspectos de la sustentabilidad, los cuales se fusionaron en el cuarto artículo. Las diferentes combinaciones de los índices resultaron relevantes para estimar la situación de México en términos de variables relacionadas a la sustentabilidad de su zona costera. Por separado o en su conjunto, el análisis de los resultados tiende a detectar dos características del desarrollo de las costas mexicanas.

Primero, si evaluamos el modelo de desarrollo de los municipios costeros a través del análisis de los territorios más “desarrollados”, en términos poblacionales o

económicos, o “aprovechados”, en términos de recursos naturales, y considerando las estimaciones de la calidad de vida de sus poblaciones, pudimos constatar que el producto o resultado de este modelo no produjo municipios que califican como los más sustentables. En efecto, y por hacer referencia a las conclusiones del primer artículo, las costas donde más recursos naturales se han aprovechado (perdida de naturalidad), no corresponden a las poblaciones costeras con mejor bien estar (visto a través del índice de marginación). Podemos de allí sugerir que el modelo de desarrollo que se ha seguido en el país no es sustentable de acuerdo a nuestras definiciones y estimaciones.

Sin embargo, si bien la característica anterior es negativa en el sentido que sugiere el fracaso de un modelo de desarrollo que se sigue promocionando a lo largo de las costas mexicanas, la segunda característica de los resultados deja lugar al optimismo. En efecto, esa no-sustentabilidad no se detectó en todos los casos pero solamente para la mitad de los municipios costeros, como mejor ilustran el segundo artículo de riesgo costero y el último sobre el sustentabilidad. Esta “mitad de camino hacia la sustentabilidad” se ilustra con el mapa de riesgo costero resultante del segundo artículo, el cual todavía no muestra un país con una gran proporción en riesgo costero (la mitad de los municipios están abajo del promedio de IRC), sin embargo las proyecciones tanto poblacionales como de cambio climático pronostican un aumento del riesgo costero, y nos llevaron a sugerir que es el momento de decidir si queremos aumentar el riesgo costero nacional, o reconsiderar y mejor aunar esfuerzos para revertirlo. La misma conclusión fue hecha en el cuarto artículo en el cual constatamos la llegada a un tiempo de decisión crítico para el futuro del sistema ambiente-sociedad de la zona costera mexicana.

En base a los dos puntos anteriores, en el afán de revertir el primero mientras estemos a tiempo como sugiere el segundo, se propone 1) aprender lecciones del conocido camino del desarrollo que no ha impulsado una sociedad sustentable ni en el aspecto económico que suele promover, para 2) repensarlo y redireccionarlo cualitativamente para promover una sociedad sustentable en términos de calidad de vida, y 3) (re)ubicarlo espacialmente para optimizar las condiciones para lo anterior.

Para lograr lo anterior, antes que todo, se necesita hacer conocer estos resultados para una toma de conciencia necesaria para fomentar una voluntad de resolución de la problemática. Es importante que la Asociación Nacional de Municipios Costeros:

- 1) conozca el diagnóstico actual del país, y
- 2) 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,
- 3) que se difundan las lecciones aprendidas.

También, el presente trabajo tiene relevancia para diseñar y actualizar los ordenamientos costeros del país, por ejemplo con la incorporación de rumbros prioritarios como el riesgo costero de acuerdo a los resultados del IRC, 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.

De esos primeros 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.

- 1) Encontrar nuevos arreglos espaciales para hacer el análisis (regionales, locales, municipios contiguos, etc.).
- 2) Posibilidad de un análisis mas desglosado, por ejemplo por tipos de vegetación si hablemos 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.
- 3) 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 en 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 municipios costeros del país, asociados en la ANMCO, el cual podría ser el usuario principal de tal centro, y orientar las prioridades de generación de información relevantes para resolver las problemáticas propias a los municipios costeros de la Republica.

El presente trabajo se propone como esquema de evaluación y monitoreo del desarrollo sustentable de las costas mexicanas, el cual está basado, al igual que la Política Ambiental Nacional par el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas (PANDSOC, 2009), en un enfoque multidisciplinario, con el uso de la mejor información disponible, y con el fin de orientar, comunicar y articular la investigación, la generación de conocimiento y su intercambio, par la proponer soluciones para la resolución de la problemática relativa a la sustentabilidad del espacio costero mexicano.

Bibliografía

- Arredondo Garcia, M.C. (2006). Modelo Multiescalar de Indicadores como Herramienta para la Planificación Ambiental en la Región del Golfo de California. Doctorado en Ciencias en Oceanografía Costera, Administración de Zona Costera, Tesis. UABC. 128pp.
- Barrera-Roldán, A. y A. Saldívar-Valdés (2002). Proposal and application of a Sustainable Development Index. *Ecological Indicators, Volume 2, Issue 3, Pages 251-256*
- Boyd, D.R. (2001). Canada vs. the OECD. University of Victoria (B.C.). 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.
- Cendrero, A. (1989). Mapping and evaluation of coastal areas for planning. *Ocean and shoreline management. Vol. 12, pp. 427-462.*
- Cervantes, O. y I., Espejel (2008). Design of an integrated evaluation index for recreational beaches. *Ocean & Coastal Management. Volume 51, Issue 5, Pages 410-419.*
- 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).
- Córdova y Vázquez A., Rosete Vergés, F., Enríquez Hernández, G. and Fernández de la Torre, B. (2006). Ordenamiento ecológico marino: visión temática de la regionalización. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT. México D.F.: 226 pp.
- Córdova, A., Rosete, F., Enríquez Hernández, G. y B. Fernández de la Torre (2009). Ordenamiento ecológico marino. Visión integrada de la regionalización. INE, SEMARNAT, México.
- Córdova y Vázquez, A., Rosete Vergés, F., Enríquez Hernández, G. and Fernández de la Torre, B. (en prensa). Regionalización de los mares de México. Instituto Nacional de Ecología. Mexico D.F.
- Dauber, J., Hirsch, M., Simmering, D., Waldhardt, R., Otte, A., Wolters, V. (2003). Landscape structure as an indicator of biodiversity: matrix effects on species richness. *Agric. Ecosyst. Environ.* 98, 321–329.
- De Camino, R. y S. Muller (1993). Sustentabilidad de la agricultura y los recursos naturales: bases para establecer indicadores, Proyecto IIACA-GTZ sobre Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. Serie Documentos de programas #38, IICA, Costa Rica, 133 pp.
- Delgado-González, O.E., Jiménez, J.A., J., Espejel, I., Ferman-Almada, J.L., Martínez-Díaz de León, A., Mejía-Trejo, A., y Seingier, G. (en prep.). Mexican Coasts Aquacultural potencial.

- Dixon, J. y L. Fallon (1991). El concepto de sustentabilidad: sus orígenes, alcances y utilidad en la formulación de políticas. En: Desarrollo y Medio ambiente: hacia un enfoque integrador, Capítulo 2, J. Vidal (Ed). Corporación de Investigación Económica para Latinoamérica (CIE-PLAN), Santiago, Chile.
- Diario oficial de la Federación - DOF (2006). Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California. 15 December 2006. Mexico, D.F.
- Escofet Giansone, A. (2004). Aproximación conceptual y operativa para el análisis de la zona costera de México: un enfoque sistémico-paisajístico de multiescala. Tesis de doctorado. UABC. 276 pp.
- Escofet, A. y 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.
- Espejel, I. y R. Bermúdez (2009). Propuesta para la regionalización de los mares mexicanos. En: Córdova, A., F. Rosete V., G. Enríquez Hernández y B. Fernández de la Torre (Eds). 2006. Planeación Territorial. Ordenamiento Ecológico Marino. Visión Temática 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 pp.
- European Environmental Agency - EEA (2006). The changing faces of Europe's coastal areas. EEA Report No 6/2006. EEA, Copenhagen, 112 p.
- Friends, A. y D. Raport (1979). Towards a comprehensive framework for environment statistics: stress-response approach. Statistics Canada. Pp.
- 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 Tirúa, VIII Región del Bio-Bio, Chile*. Especialidad en Administración de Recursos Marinos. Tesis. Facultad de Ciencias Marinas.
- Guimarães, R.P. (1998). Aterrizando una Cometa: Indicadores Territoriales de Sustentabilidad. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES). Documento 18/98 Serie Investigación. 58 pp.
- Hammond, A, Adriansen, A, Rodenburg, E, Bryant, E. y R. Woodward (1995). Environmental Indicators: A systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development, World Resource Institute, Washington D.C.
- Holmberg, J., Bass, C. y L. Timberlake (1991). Defending the future: a guide to sustainable development. IIED/EARTHSCAN, Londres, G.B.
- 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.
- Instituto Nacional de Ecología - INE (2003). Manejo Integral de Cuencas, DGOECE, Dirección en Manejo Integrado de Cuencas Hídricas, <http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/conceptos.html>.

- Kurtz, J.C., Jackson, L.E. 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.
- López-Ridaura, S., Masera, O. y M., Astier (2002). MESMIS Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. the MESMIS framework. *Ecological Indicators* 2 (2002) 135–148
- Mageau, C. y J. Barbière (2003). Preface [to Special Issue: The Role of Indicators in Integrated Coastal Management]. 46 *Ocean & Coastal Management* 221-223.
- Manoliadis, O.G. (2002). Development of ecological indicators—a methodological framework using compromise programming. *Ecological Indicators* 2. 169–176.
- Mas, J., Velázquez, A., y S. Couturier (2009). La evaluación de los cambios de cobertura/uso del suelo en la República Mexicana. *Investigación ambiental. Ciencia y política pública*. [Online] 1:1
- 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. En: Halfpeter G. (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.* p 177-264.
- Moreno-Casasola, P., Peresbarbosa Rojas, E. 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 pp.
- National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA (2005). Historical North Atlantic and East-Central North Pacific Tropical Cyclone Tracks, 1851-2004. NOAA's Ocean Service, Coastal Services Center (CSC). Online: 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 pp.
- Nobre, A.M. (2009). An Ecological and Economic Assessment Methodology. For Coastal Ecosystem Management. *Environmental Management*. 44:185–204.
- O'Connor, J. (1995). Coping with complexity. Papers presented at 50th session of International Statistical Institute (ISI), 21-29. Beijing, China.
- 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 International 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.
- Política Ambiental Nacional par el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas - PANDSOC (2009). www.semarnat.gob.mx.
- Rivera Arriaga, E., Villalobos, J., Azuz, I. y F. Rosado (2004). El Manejo Costero en México. Universidad Autónoma de Campeche, SEMARNAT, CETYS-Universidad, Universidad de Quintana Roo. 654 pp.
- Sanchez-Gil, P., Yanez-Arancibia, A., Ramirez-Gordillo, J., Day, J.W. y P.H. Templet. (2004). Some socio-economic indicators in the Mexican states of the Gulf of Mexico. *Ocean & Coastal Management* 47, 581–59.
- Scientific Community on Problems of the Environment - SCOPE (1995). *Environmental Indicators: Systematic Approach to Measuring and Reporting on the Environment in the Context of Sustainable Development*. Project on Indicators of Sustainable Development. International Workshop on Indicators of Sustainable Development for Decision-Making, 9-11 January, Ghent, Belgium.
- Secretaria de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente – SEDUMA (2009). Bitácora ambiental del Ordenamiento Ecológico Local de Benito Juárez. <http://seduma.qroo.gob.mx/bitacora/index.php>
- Secretaria de Medio ambiente y Recursos Naturales – SEMARNAT (2006). DECRETO por el cual se aprueba el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California. DIARIO OFICIAL. Miércoles 29 de noviembre de 2006. (Primera Sección). p 69-70
- Secretaria de Medio ambiente y Recursos Naturales – 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. Mexico, DF. 28p
- Secretaria de Medio ambiente y Recursos Naturales – SEMARNAT (2007b). Estrategia Nacional para el Ordenamiento Ecológico del Territorio en Mares y Costas. Colección Legal. Semarnat. 33 pp.
- Secretaria de Medio ambiente y Recursos Naturales – SEMARNAT (2009). Programa Integral de Playas Limpias. Información Ambiental. <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/playas.aspx>
- Secretaria de Protección al ambiente – SPA (2007). Costero Terrestre Puertecitos-Paralelo 28°. Periodico Oficial del Estado de Baja California. Tomo CXIV. Mexicali, B.C., 19 de Octubre de 2007. No. 43; 52 p.
- Troyer, M.E. (2002). A spatial approach for integrating and analyzing indicators of ecological and human condition. *Ecological Indicators* 2. p 211–220
- United States Environmental Protection Agency - US EPA (2000). In: Jackson, L.E., Kurtz, J.C., Fisher, W.S. (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., Butler, E. 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.
- Winograd, M. (1995). Environmental Indicators for Latin America and the Caribbean: Towards Land Use Sustainability, GASE in collaboration with IICA- GTZ Project, Organization of American States and World Resources Institute, Washington, D.C., 85 pp. (English and Spanish Versions are available).
- Winograd, M., Aquilar, M., Farrow, A., Segnestam, L., Linddal, M., y J. Dixon (1999). Conceptual Framework to Develop and Use Water Indicators Technical Note CIAT/World Bank/UNEP Project Rural Sustainability Indicators: Outlook for Central America, CIAT Cali, Colombia.
- World Bank (1995a), "Monitoring Environmental Progress." A Report on Work in Progress Environmentally Sustainable Development, Sept. 1995, The World Bank, Washington, D.C., USA.
- World Bank (1995b). World Development Rreport 1994. Oxford University Press New York. USA.
- World Bank (1999). Environmental Performance Indicators. A Second Edition Note. The Word Bank, Washington, DC, USA.

Anexos

Anexo 0 - Datos municipales, estatales, y por regiones florísticas

Anexo I - Anexo del Artículo 1

Anexo II - Anexo del Artículo 2

Anexo III - Anexo del Artículo 3

Anexo IV - Anexo del Artículo 4

Anexo 0

Datos municipales, estatales, y por regiones florísticas

Anexo 0 - Datos municipales, estatales, y por regiones florísticas

Contenido

- Tabla 0-1. Resumen de indicadores principales para los 169 municipios costeros.
- Tabla 0-2. Agrupación de municipios por estados.
- Tabla 0-3. Relación de la agrupación de los municipios en la región florística 1.
- Tabla 0-4. Relación de la agrupación de los municipios en la región florística 2.
- Tabla 0-5. Relación de la agrupación de los municipios en la región florística 3.
- Tabla 0-6. Relación de la agrupación de los municipios en la región florística 4.
- Tabla 0-7. Relación de la agrupación de los municipios en la región florística 5.

Estado	Municipio	Área municipal km2	Proporción del municipio		Litoral		Transformación del suelo		Población		
			Proporción de planicie costera %	Proporción de franja costera %	Línea de costa km	AMI #	En el municipio (2000) %	En la franja (2000) %	Municipal (2005) #	Proporción en la planicie (2005) %	Proyección municipal para 2030 #
Baja California											
	Playas de Rosarito	517	40	17	54	1	45	73	68,469	100	196,982
	Mexicali	13,104	74	2	130	4	20	4	855,949	100	1,276,038
	Ensenada	53,337	20	4	1606	22	6	12	411,268	95	671,662
	Tijuana	1,123	28	3	18	0	44	79	1,414,334	95	2,725,286
	Cabos, Los	3,684	39	9	190	4	6	7	164,144	98	443,544
	Loreto	4,391	36	9	261	4	1	2	11,837	95	10,370
	Comondú	17,074	64	6	1247	4	8	0	63,847	98	45,978
	Paz, La	14,961	59	8	803	9	3	5	219,289	98	261,903
	Mulegé	30,626	61	7	1831	16	1	0	51,438	97	70,042
Baja California Sur											
	Tenabo	1,091	100	4	25	1	17	0	9,049	100	11,022
	Palizada	2,132	100	8	46	1	25	0	8,184	100	7,404
	Hecelchakán	1,271	100	1	9	0	23	0	26,973	100	35,674
	Campeche	3,206	100	3	48	1	30	33	238,844	100	296,186
	Calkiní	2,259	100	8	128	2	17	0	49,850	100	56,684
	Champotón	6,855	100	12	108	1	25	63	75,366	100	94,239
	Carmen	6,602	100	15	1099	2	36	21	199,897	100	329,729
Chiapas											
	Villa Comaltitlán	463	84	1	0	0	61	3	27,039	86	21,017
	Arriaga	791	60	7	26	1	56	42	38,606	99	29,048
	Mapastepec	1,218	60	4	27	1	61	36	38,140	88	23,746
	Tonalá	1,669	65	4	86	2	55	34	78,510	99	62,069
	Pijijiapan	1,760	62	6	57	2	63	38	45,912	95	33,029
	Tapachula	964	59	5	29	0	59	42	282,148	87	247,192
	Suchiate	232	100	13	15	0	84	14	31,633	100	33,658
	Huixtla	438	73	4	9	0	47	58	50,567	86	34,551
	Mazatán	376	100	17	38	0	70	24	22,880	100	18,667
	Acapetahua	539	100	11	42	1	72	26	24,028	100	15,109
Colima											
	Manzanillo	1,335	45	12	114	2	33	44	137,839	97	226,635
	Armería	408	57	9	18	0	41	74	24,939	96	14,439
	Tecomán	786	84	9	39	1	68	80	98,154	100	94,387

Tabla 0-1. Resumen de indicadores principales para los 169 municipios costeros.

Estado	Municipio	Área municipal km2	Proporción del municipio		Litoral		Transformación del suelo		Población		
			Proporción de planicie costera %	Proporción de franja costera %	Línea de costa km	AMI #	En el municipio (2000) %	En la franja (2000) %	Municipal (2005) #	Proporción en la planicie (2005) %	Proyección municipal para 2030 #
Guerrero	Coyuca de Benítez	1,839	23	3	27	0	26	18	69,057	72	55,103
	Técpan de Galeana	2,783	25	4	64	1	37	52	58,100	85	39,026
	José Azueta	1,460	26	7	3	1	39	62	104,646	95	93,321
	Petatlán	1,983	26	5	69	1	43	62	44,231	86	27,678
	Benito Juárez	237	100	33	42	0	62	29	14,514	100	8,979
	San Marcos	1,184	68	7	41	0	50	43	49,010	69	27,887
	Unión de Isidoro Montes de Oca, La	1,832	47	8	158	1	32	72	25,472	91	15,685
	Azoyú	860	72	3	12	1	44	56	32,346	72	8,327
	Florencio Villarreal	260	100	16	32	1	70	41	18,868	100	11,643
	Cuajinicuilapa	658	100	9	29	1	80	35	23,299	100	14,606
	Copala	309	100	22	39	2	48	50	11,930	100	7,387
	Acapulco de Juárez	1,706	48	7	80	1	31	68	717,155	95	551,537
	Jalisco	Cabo Corrientes	1,553	21	10	87	2	11	13	9,159	29
Cihuatlán		493	51	10	37	1	39	46	30,241	100	22,275
Puerto Vallarta		683	43	8	32	1	25	34	220,317	100	360,375
Huerta, La		2,011	44	7	119	4	34	35	20,107	43	12,392
Tomatlán		2,991	61	5	78	1	37	23	31,799	92	19,609
Michoacán	Aquila	2,313	23	11	150	2	24	45	21,204	57	19,322
	Coahuayana	367	68	6	14	1	55	95	11,633	97	7,189
	Lázaro Cárdenas	1,162	63	19	105	0	35	71	162,850	99	124,273
Nayarit	Acaponeta	1,436	50	1	5	1	41	7	34,585	95	27,879
	Rosamorada	1,834	77	2	14	1	43	0	31,613	99	21,859
	Compostela	1,863	33	6	63	1	40	55	62,965	62	43,368
	San Blas	832	74	14	83	1	56	29	36,353	76	23,357
	Bahía de Banderas	775	63	16	75	1	29	39	83,754	100	151,988
	Tecuala	972	100	16	53	2	60	27	37,139	100	23,141
	Santiago Ixcuintla	1,743	97	13	100	3	58	33	84,151	100	52,341
	Tuxpan	223	100	2	4	0	74	75	29,182	100	13,833

Tabla 0-1. Resumen de indicadores principales para los 169 municipios costeros (continuación).

Estado	Municipio	Área municipal km2	Proporción del municipio		Litoral		Transformación del suelo		Población		
			Proporción de planicie costera %	Proporción de franja costera %	Línea de costa km	AMI #	En el municipio (2000) %	En la franja (2000) %	Municipal (2005) #	Proporción en la planicie (2005) %	Proyección municipal para 2030 #
Oaxaca											
	San Miguel del Puerto	509	12	2	6	0	6	9	7,446	22	4,663
	San Pedro Huamelula	808	47	9	37	0	14	27	9,825	99	5,490
	Santiago Jamiltepec	671	58	5	16	1	31	0	17,215	30	10,675
	Santo Domingo Zanatepec	655	78	2	4	1	25	0	10,720	100	11,603
	Santa María Huatulco	538	61	14	55	1	13	12	35,027	62	50,387
	Santo Domingo Tehuantepec	1,139	52	6	39	1	22	33	53,851	98	71,521
	San Pedro Pochutla	400	66	12	28	1	12	8	35,519	78	35,797
	San Pedro Mixtepec - Distr. 22	322	41	11	19	1	50	70	33,121	81	38,009
	San Pedro Tapanatepec	1,066	83	23	44	1	38	16	23,707	99	14,057
	San Francisco Ixhuatán	186	100	2	8	1	70	9	9,678	100	6,631
	Santiago Astata	115	99	38	24	0	27	27	2,651	100	7,486
	Villa de Tututepec de Melchor Ocampo	1,186	63	14	136	1	42	34	40,935	81	25,236
	Santiago Tapextla	113	100	25	14	0	19	4	2,810	100	1,744
	San Dionisio del Mar	227	100	37	67	1	41	28	5,165	100	5,888
	Santiago Pinotepa Nacional	796	85	10	40	1	43	35	44,313	31	28,741
	Salina Cruz	134	98	36	35	1	52	45	76,614	100	68,758
	Santa María Tonameca	536	82	14	38	1	40	46	22,526	90	16,332
	Santa María Colotepec	430	62	13	29	1	34	84	19,110	95	25,020
	Santa María Xadani	84	100	28	14	1	69	27	7,391	100	18,146
	San Francisco del Mar	517	100	61	267	4	11	2	5,985	100	13,439
	Santa María Huazolotitlán	243	77	9	11	1	54	75	10,239	52	8,479
	Santo Domingo Armenta	148	100	14	11	0	62	40	3,022	100	1,871
	Juchitán de Zaragoza	480	98	19	162	3	65	29	85,768	100	123,462
	San Pedro Huilotepec	19	100	6	1	0	87	91	2,667	100	3,081
	San Mateo del Mar	98	100	85	60	3	49	46	12,671	100	25,001
Quintana Roo											
	Cozumel	465	100	42	119	0	7	7	73,156	100	114,783
	Isla Mujeres	717	100	29	222	3	3	3	12,874	100	23,695
	Solidaridad	3,299	100	7	231	2	10	12	135,589	100	712,057
	Benito Juárez	2,262	100	5	58	3	7	17	573,316	100	1,291,160
	Lázaro Cárdenas	3,268	100	2	50	1	17	52	21,171	100	22,040

Tabla 0-1. Resumen de indicadores principales para los 169 municipios costeros (continuación).

Estado	Municipio	Área municipal km2	Proporción del municipio		Litoral		Transformación del suelo		Población		
			Proporción de planicie costera %	Proporción de franja costera %	Línea de costa km	AMI #	En el municipio (2000) %	En la franja (2000) %	Municipal (2005) #	Proporción en la planicie (2005) %	Proyección municipal para 2030 #
Quintana Roo (continuación)											
	Othón P. Blanco	14,504	100	2	122	1	17	0	219,751	100	195,621
	Felipe Carrillo Puerto	13,250	100	5	630	3	12	0	65,373	100	62,339
Sinaloa											
	San Ignacio	5,080	25	2	69	0	13	42	23,356	76	14,483
	Angostura	1,348	100	23	304	1	62	10	42,394	100	33,212
	Rosario	2,602	58	3	49	0	27	70	46,724	96	37,695
	Navolato	2,126	100	16	306	2	61	0	135,965	100	95,096
	Escuinapa	1,505	83	11	77	1	37	54	49,655	100	46,046
	Guasave	2,658	100	9	239	1	78	1	270,502	100	185,347
	Elota	1,617	81	6	61	1	55	50	46,359	99	37,896
	Culiacán	5,974	75	4	243	2	56	22	793,003	100	833,348
	Mazatlán	2,440	74	6	85	2	44	69	403,994	100	490,414
	Ahome	3,428	100	22	853	5	59	10	390,544	100	487,957
Sonora											
	Pitiquito	9,845	17	2	153	3	5	2	8,926	35	8,077
	Caborca	10,762	40	2	119	3	13	4	70,120	23	52,896
	Puerto Peñasco	6,186	70	6	223	2	0	1	44,875	100	117,828
	Bácum	1,577	60	1	12	1	25	0	20,826	100	13,015
	Hermosillo	15,634	62	3	257	5	21	1	701,521	6	1,057,578
	San Luis Río Colorado	9,025	91	2	102	1	5	1	157,077	100	181,060
	Guaymas	7,873	60	5	393	3	15	7	133,843	100	129,040
	Cajeme	4,927	68	1	44	1	40	8	375,841	100	367,308
	Empalme	589	100	11	63	1	46	13	50,678	100	39,331
	Etchojoa	926	100	2	30	1	92	0	56,348	100	44,326
	San Ignacio Río Muerto	1,259	100	14	192	2	35	0	13,598	100	11,248
	Benito Juárez	347	100	13	66	1	92	37	20,471	100	14,188
	Huatabampo	1,801	100	18	251	2	49	9	74,559	100	60,280
Tabasco											
	Comalcalco	776	100	2	3	1	79	15	174,841	100	189,418
	Huimanguillo	3,684	100	0	9	1	66	8	165,059	100	147,206
	Paraíso	340	100	47	125	3	51	44	73,383	100	115,734
	Cárdenas	1,854	100	10	188	2	77	37	217,973	100	186,252
	Centla	2,548	100	6	81	2	27	86	90,946	100	103,879

Tabla 0-1. Resumen de indicadores principales para los 169 municipios costeros (continuación).

Estado	Municipio	Área municipal km2	Proporción del municipio		Litoral		Transformación del suelo		Población			
			Proporción de planicie costera %	Proporción de franja costera %	Línea de costa km	AMI #	En el municipio (2000) %	En la franja (2000) %	Municipal (2005) #	Proporción en la planicie (2005) %	Proyección municipal para 2030 #	
Tamaulipas	Altamira	1,637	100	4	29	1	76	15	162,626	100	304,529	
	Aldama	3,666	77	5	215	2	70	61	27,704	95	19,147	
	Tampico	116	100	15	0	1	46	75	303,924	100	282,601	
	Soto La Marina	6,341	84	6	458	1	50	27	23,068	97	14,841	
	Matamoros	3,966	100	13	574	1	49	4	460,590	100	607,544	
	San Fernando	5,891	100	10	686	2	63	16	57,635	100	53,629	
	Ciudad Madero	46	100	56	17	1	83	82	193,045	100	199,194	
	Veracruz	Actopan	852	47	6	27	2	80	41	37,732	58	23,244
		Alto Lucero de Gutiérrez Barrios	646	19	8	30	3	78	83	26,053	20	15,932
Antigua, La		131	100	32	21	1	66	25	31,417	100	32,021	
Tantima		319	100	1	2	0	93	0	12,842	100	12,734	
Ursulo Galván		126	100	17	10	2	91	47	26,889	100	16,539	
Tamalín		368	100	25	19	1	49	12	5,291	100	10,623	
Ozuluama de Mascareñas		2,328	100	12	57	2	68	10	23,195	100	18,110	
Vega de Alatorre		338	71	19	32	1	79	88	18,538	94	11,487	
Pánuco		3,144	100	0	9	1	82	20	81,885	100	64,559	
Pueblo Viejo		213	100	23	9	2	53	56	61,832	100	64,489	
Medellín		352	100	0	3	1	96	76	39,022	100	52,875	
Tampico Alto		836	100	28	182	2	57	45	11,769	100	9,590	
Nautla		348	89	6	12	0	93	100	10,219	98	7,209	
Alvarado		703	100	29	120	2	57	59	48,183	100	41,730	
Túxpam		921	100	12	73	1	90	61	133,327	100	161,419	
Tlacotalpan		574	100	2	7	1	89	72	13,824	100	8,517	
Lerdo de Tejada		84	100	19	9	1	88	81	18,728	100	12,667	
Martínez de la Torre		688	99	2	2	0	98	88	125,925	100	97,472	
Agua Dulce		366	100	10	21	1	84	93	44,321	100	42,804	
Angel R. Cabada		434	100	8	16	1	97	85	32,854	100	32,464	
Coatzacoalcos	289	100	33	61	0	70	74	280,328	100	305,832		
Tamiahua	794	100	43	169	2	72	72	23,946	100	16,509		

Tabla 0-1. Resumen de indicadores principales para los 169 municipios costeros (continuación).

Estado	Municipio	Área municipal km2	Proporción del municipio		Litoral		Transformación del suelo		Población		
			Proporción de planicie costera %	Proporción de franja costera %	Línea de costa km	AMI #	En el municipio (2000) %	En la franja (2000) %	Municipal (2005) #	Proporción en la planicie (2005) %	Proyección municipal para 2030 #
Veracruz (continuación)											
	Catemaco	658	100	10	38	1	69	93	46,828	100	45,617
	Tecolutla	529	100	34	136	2	89	80	24,268	100	15,914
	Cazones	252	100	9	12	1	99	98	22,515	100	21,051
	Pajapan	299	100	20	31	2	94	91	14,621	100	17,966
	Tatahuicapan de Juárez	297	100	15	23	1	75	99	12,557	100	11,053
	Veracruz	242	100	14	30	3	82	47	511,074	100	668,788
	Papantla	1,479	100	5	11	1	97	100	154,487	100	86,971
	San Andrés Tuxtla	955	100	6	37	1	85	100	148,417	100	171,209
	Mecayapan	95	100	26	14	1	83	100	14,067	100	9,128
	Boca del Río	39	100	50	9	2	92	86	141,748	100	150,065
Yucatan											
	Dzidzantún	212	100	11	10	0	55	4	8,167	100	8,564
	Yobaín	134	100	14	10	0	29	1	2,056	100	1,868
	Ixil	136	100	9	3	0	36	0	3,585	100	5,096
	Dzemul	177	100	13	13	0	43	0	3,276	100	3,372
	Sinanché	135	100	10	7	0	50	10	2,972	100	2,506
	Telchac Puerto	67	100	33	15	0	46	31	1,626	100	1,802
	Río Lagartos	332	100	24	62	1	51	2	3,272	100	4,071
	Celestún	587	100	21	71	1	3	1	6,269	100	6,906
	Hunucmá	809	100	10	66	1	23	0	28,105	100	35,587
	Progreso	409	100	26	88	2	25	13	49,454	100	49,581
	Dzilam de Bravo	430	100	28	91	1	29	7	2,250	100	1,458
	San Felipe	445	100	16	58	1	65	3	1,867	100	1,697
	Tizimín	3,737	100	2	37	0	59	16	67,835	100	95,838

Tabla 0-1. Resumen de indicadores principales para los 169 municipios costeros (continuación).

Estado	Número de municipios	Proporción del número total de municipios	Superficie (km2) de cada agrupación de municipios	Superficie (% del total) de cada agrupación de municipios	Ciudades más grande en la agrupación
Baja California	4	2	68,081	16	Tijuana, Mexicali, Ensenada
Baja California Sur	5	3	70,736	17	La Paz
Sonora	13	8	70,751	17	Hermosillo (Hermosillo), Ciudad Obregón (Cajeme), San Luis Río Colorado (SLRC), Heroica Guaymas (Guaymas)
Sinaloa	10	6	28,778	7	Culiacán Rosales (Culiacán), Mazatlán (Mazatlán), Los Mochis (Ahome), Guasave (Guasave)
Nayarit	8	5	9,679	2	Tuxpan
Jalisco	5	3	7,731	2	Puerto Vallarta (Puerto Vallarta)
Colima	3	2	2,528	1	Manzanillo (Manzanillo)
Michoacán	3	2	3,842	1	Ciudad Lázaro Cárdenas (Lázaro Cárdenas)
Guerrero	12	7	15,110	4	Acapulco de Juárez (ADJ)
Oaxaca	25	15	11,419	3	Salina Cruz (Salina Cruz)
Chiapas	10	6	8,451	2	Tapachula de Córdova y Ordóñez (Tapachula)
Tamaulipas	7	4	21,664	5	heroica Matamoros (Matamoros), Tampico (Tampico)
Veracruz	32	19	19,700	5	Veracruz (Veracruz), Coatzacoalcos (Coatzacoalcos), Ciudad Madero (Ciudad Madero), Veracruz (Boca del Río), Tuxpam de Rodríguez Cano (Tuxpam)
Tabasco	5	3	9,202	2	Cárdenas (Cárdenas)
Campeche	7	4	23,417	6	Campeche (Campeche), Ciudad del Carmen (Carmen)
Yucatán	13	8	7,612	2	Progreso (Progreso)
Quintana Roo	7	4	37,766	9	Cancún (Benito Juárez), Chetumal (Othón P. Blanco), Cozumel (Cozumel)
Total	169	100%	416465 km2	100%	

Tabla 0-2. Agrupación de municipios por estados.

Región Florística 1
Baja California
Tijuana
Playas de Rosarito
Ensenada
Baja California Sur
Mulegé
Comondú
Loreto
Paz, La
Cabos, Los

Tabla 0-3. Relación de la agrupación de los municipios en la región florística 1.

Región Florística 2	
Baja California Sur	Sinaloa
Cabos, Los	Ahome
Paz, La	Guasave
Comondú	Angostura
Loreto	Navolato
Mulegé	Culiacán
	Elota
Baja California	San Ignacio
Ensenada	Mazatlán
Mexicali	Rosario
	Escuinapa
Sonora	Nayarit
San Luis Río Colorado	Acaponeta
Puerto Peñasco	Tecuala
Caborca	Santiago Ixcuintla
Pitiquito	San Blas
Hermosillo	Compostela
Guaymas	Bahía de Banderas
Empalme	
San Ignacio Río Muerto	
Bácum	Jalisco
Cajeme	Puerto Vallarta
Benito Juárez	Cabo Corrientes
Etchojoa	
Huatabampo	Nayarit
	Rosamorada
	Tuxpan

Tabla 0-4. Relación de la agrupación de los municipios en la región florística 2.

Región Florística 3	
Jalisco	Oaxaca
Tomatlán	Santiago Tapextla
Huerta, La	Santo Domingo Armenta
Cihuatlán	Santiago Pinotepa Nacional
	Santa María Huazolotitlán
Colima	Santiago Jamiltepec
Manzanillo	Villa de Tututepec de Melchor
Armería	Ocampo
Tecomán	San Pedro Mixtepec - Distr. 22 -
	Santa María Colotepec
	Santa María Tonameca
	San Pedro Pochutla
Michoacán	Santa María Huatulco
Coahuayana	San Miguel del Puerto
Aguila	San Pedro Huamelula
Lázaro Cárdenas	Santiago Astata
	Santo Domingo Tehuantepec
Guerrero	Salina Cruz
Unión de Isidoro Montes de Oca, La	San Mateo del Mar
José Azueta	Santa María Xadani
Petatlán	Juchitán de Zaragoza
Técpan de Galeana	San Dionisio del Mar
Benito Juárez	San Francisco del Mar
Coyuca de Benítez	San Francisco Ixhuatán
Acapulco de Juárez	Santo Domingo Zanatepec
San Marcos	San Pedro Tapanatepec
Florencio Villarreal	San Pedro Huilotepec
Copala	
Azoyú	Chiapas
Cuajinicuilapa	Arriaga
	Tonalá
	Pijijiapan
	Mapastepec
	Acapetahua
	Villa Comaltitlán
	Huixtla
	Mazatán
	Tapachula
	Suchiate

Tabla 0-5. Relación de la agrupación de los municipios en la región florística 3.

Región Florística 4	
Tamaulipas	Tabasco
Matamoros	Huimanguillo
San Fernando	Cárdenas
Soto La Marina	Comalcalco
Aldama	Paraíso
Altamira	Centla
Ciudad Madero	
Tampico	Campeche
	Carmen
Veracruz	Palizada
Pueblo Viejo	Champotón
Tampico Alto	
Ozuluama de Mascareñas	
Tamalín	
Tamiahua	
Túxpam	
Cazones	
Papantla	
Tecolutla	
Martínez de la Torre	
Nautla	
Vega de Alatorre	
Alto Lucero de Gutiérrez Barrios	
Actopan	
Ursulo Galván	
Antigua, La	
Veracruz	
Boca del Río	
Alvarado	
Tlacotalpan	
Lerdo de Tejada	
Angel R. Cabada	
San Andrés Tuxtla	
Catemaco	
Mecayapan	
Tatahuicapan de Juárez	
Pajapan	
Coatzacoalcos	
Pánuco	
Tantima	
Medellín	
Agua Dulce	

Tabla 0-6. Relación de la agrupación de los municipios en la región florística 4.

Región Florística 5
Campeche
Campeche
Tenabo
Hecelchakán
Calkiní
Yucatán
Celestún
Hunucmá
Progreso
Ixil
Dzemul
Telchac Puerto
Sinanché
Yobaín
Dzidzantún
Dzilam de Bravo
San Felipe
Río Lagartos
Tizimín
Quintana Roo
Lázaro Cárdenas
Isla Mujeres
Benito Juárez
Solidaridad
Cozumel
Felipe Carrillo Puerto
Othón P. Blanco

Tabla 0-7. Relación de la agrupación de los municipios en la región florística 5.

Anexo I - Anexo del Artículo 1

Anexo I - Artículo 1

Artículo 1: Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana.

Modelo: No hay modelo como tal con un índice, solo comparación cruzada.

Unidades geográficas: Regiones Florísticas + Municipios + Franja de 2 kilómetros

Contenido:

- Tabla I-1. Tabla de indicadores del artículo 1.
- Figura I-1. Relación entre el límite de la planicie costera (curva de nivel de los 200 metros arriba del nivel del mar) y la extensión municipal. Las áreas grises son las extensiones de los municipios costeros en la planicie costera.

Indicadores:	Unidades	Fuente	Fecha(s)	Unidad(es) de evaluación perpendicular	Unidad(es) de evaluación paralela	Periodicidad de disponibilidad
Población	Número de habitantes	Censo de población de INEGI 1970, 2000	1970, 2000	Región florística	Municipio, Franja de 2km	5 años
Área de suelo transformado (Cobertura que no sea natural)	Kilómetros cuadrados	Inventario Nacional Forestal	1976, 2000	Región florística	Municipio, Franja de 2km	10 años
Cobertura de dunas	Kilómetros cuadrados	INF 1976 y 2000, datos propios, Google Earth	1976, 2000	Región florística	Franja de 2km	10 años
Numero de polígonos de dunas	Número de dunas	INF 1976 y 2000, datos propios, Google Earth	1976, 2000	Región florística	Franja de 2km	10 años
Marginación (Promedio del índice de marginación por localidad)	Sin unidades	CONAPO, 2000	2000	Región florística	Municipio, Franja de 2km	5 años
Numero de localidades (Clasificados por tamaño)	Número de localidades	Censo de poblacion 1970, 2000	2000	Región florística	Municipio, Franja de 2km	5 años

Tabla I-1. Tabla de indicadores del artículo 1.

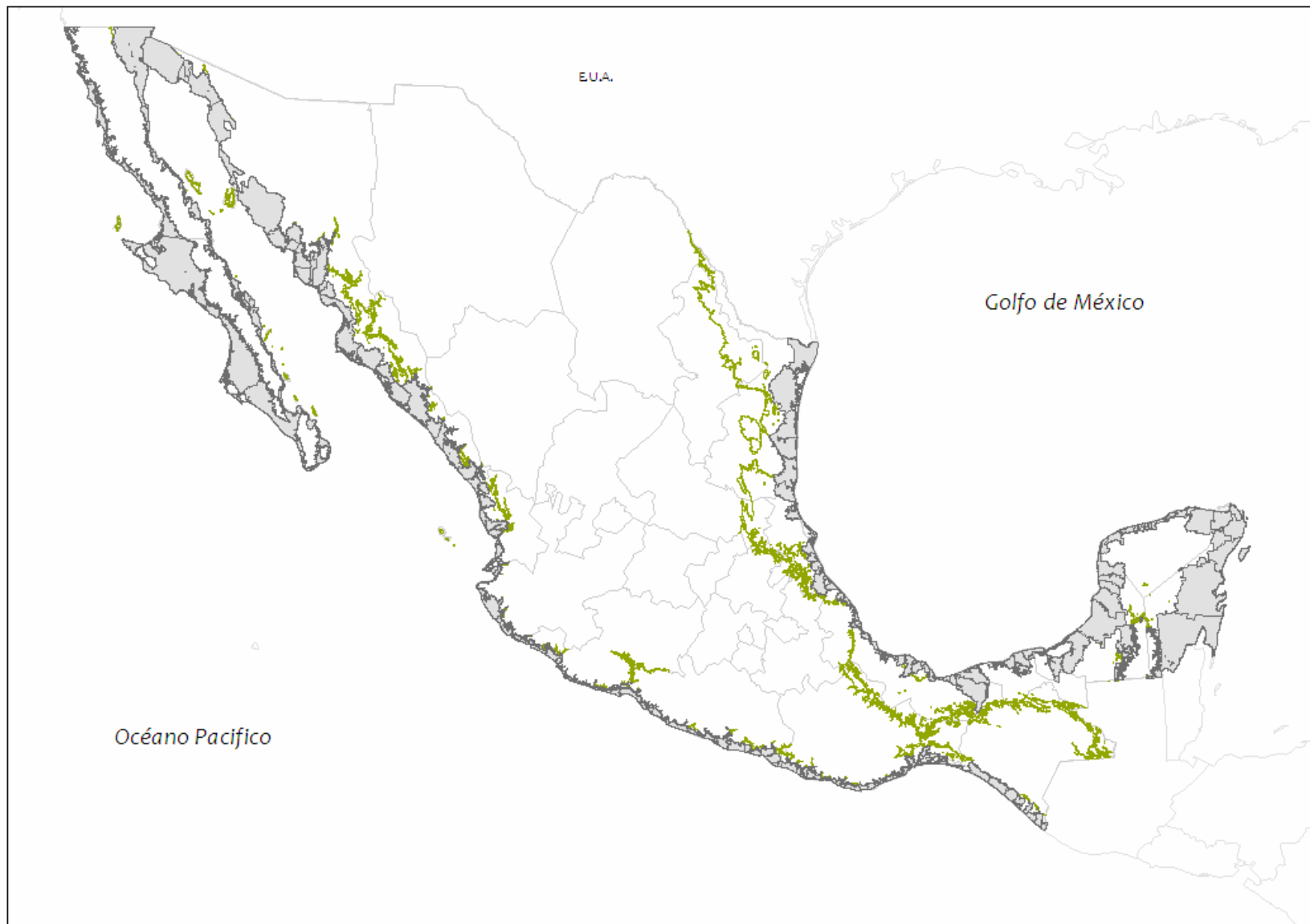


Figura I-1. Relación entre el límite de la planicie costera (curva de nivel de los 200 metros arriba del nivel del mar) y la extensión municipal. Las áreas grises son las extensiones de los municipios costeros en la planicie costera.

Anexo II - Anexo del Artículo 2

Anexo II – Artículo 2

Artículo 2: Riesgo en la franja costera municipal.

Modelo: Modelo de Riesgo = Peligrosidad + Vulnerabilidad

Unidades geográficas: Municipios + Estados + Planicie costera + Franja de 2km

Contenido:

- Tabla II-1. Tabla de indicadores del artículo 2.
- Diagrama II-1. Agregación de la información para el índice de riesgo.
- Figura II-1. Índice de peligrosidad: Datos de los 169 municipios costeros agrupados en los 17 estados. En un punto negro en promedio estatal del índice de peligrosidad y la línea marca el promedio de 0.35 de IP municipal.
- Figura II-2. Índice de vulnerabilidad: Datos de los 169 municipios costeros agrupados en los 17 estados. En un punto negro en promedio estatal del índice de vulnerabilidad y la línea marca el promedio de 0.32 de IV municipal.
- Figura II-3. Índice de vulnerabilidad, por municipio.
- Figura II-4. Índice de peligrosidad, por municipio.
- Figura II-5. Porcentaje de crecimiento municipal entre los años 2005 y 2030 (INEGI, 2005 y Partida Bush, 2030).

-
-

Indicadores:	Unidades	Fuente	Fecha(s)	Unidad(es) de evaluación perpendicular	Unidad(es) de evaluación paralela	Periodicidad de disponibilidad
Longitud de la línea de costa municipal	Kilómetros	Información vectorial INEGI topográfica 1:250,000,	2000	Municipio, Estado	NA	NA
Porcentaje del área municipal en la planicie	%	Información vectorial INEGI topográfica 1:250,000, cuota de los 200 metros	2000	Municipio, Estado	Municipio, Planicie costera	NA
Número de aguas marinas interiores	Sin unidades	Escofet (2004)	2004	Municipio, Estado	NA	NA
Frecuencia de eventos meteorológicos	Sin unidades	NOAA (2005)	1851-2004	Municipio, Estado	NA	Actualizada de manera continua
Población en la planicie costera	Número de habitantes	Censo de población de INEGI	2005	Municipio, Estado	Planicie costera	5 años
Densidad poblacional en la planicie	Número de habitantes	Censo de población de INEGI	2005	Municipio, Estado	Planicie costera	5 años
Marginación	Sin unidades	Índice de marginación por localidad de CONAPO	2000	Municipio, Estado	Municipio	5 años

Tabla II-1. Tabla de indicadores del artículo 2.

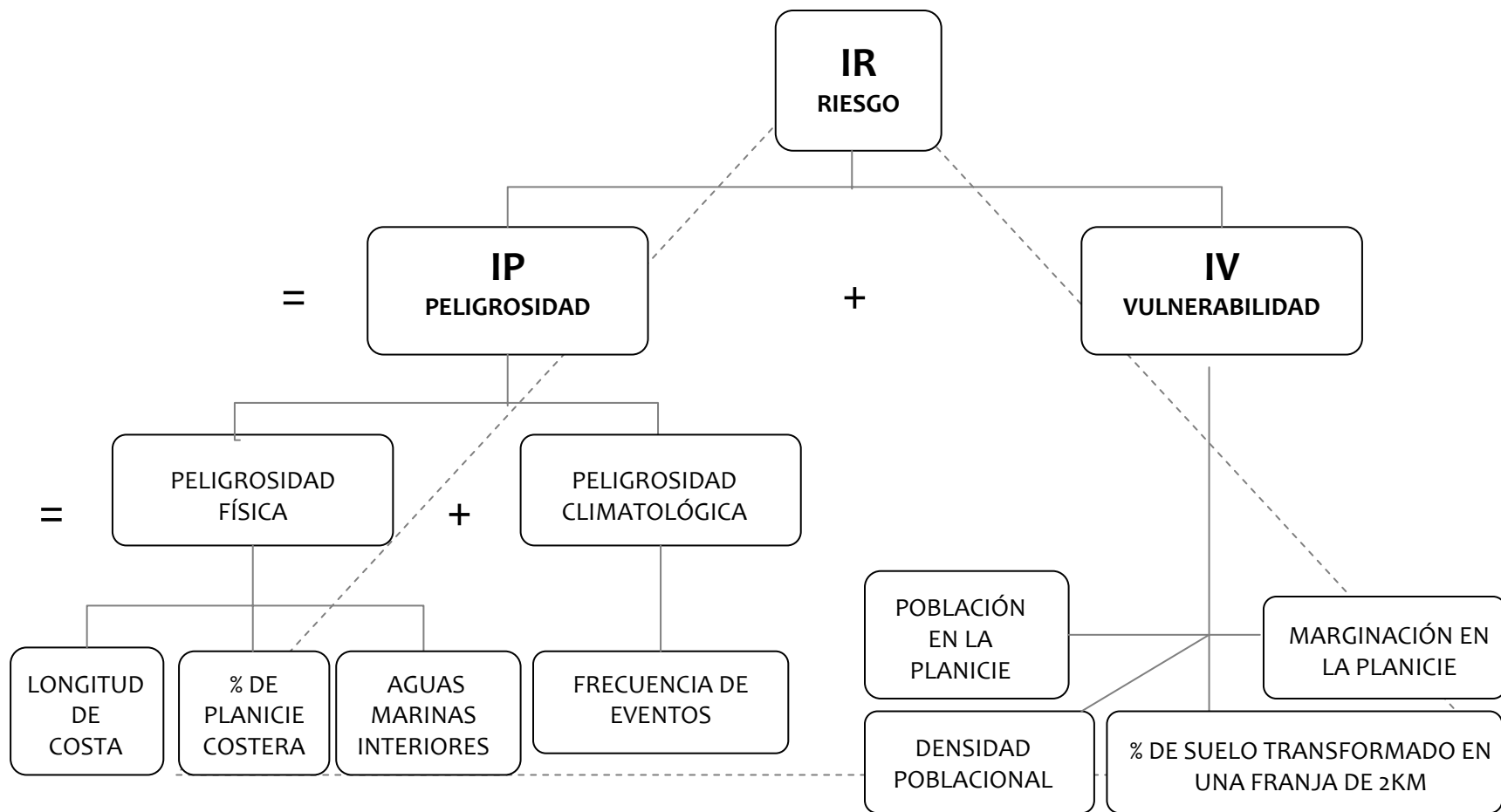


Diagrama II-1. Agregación de la información para el índice de riesgo.

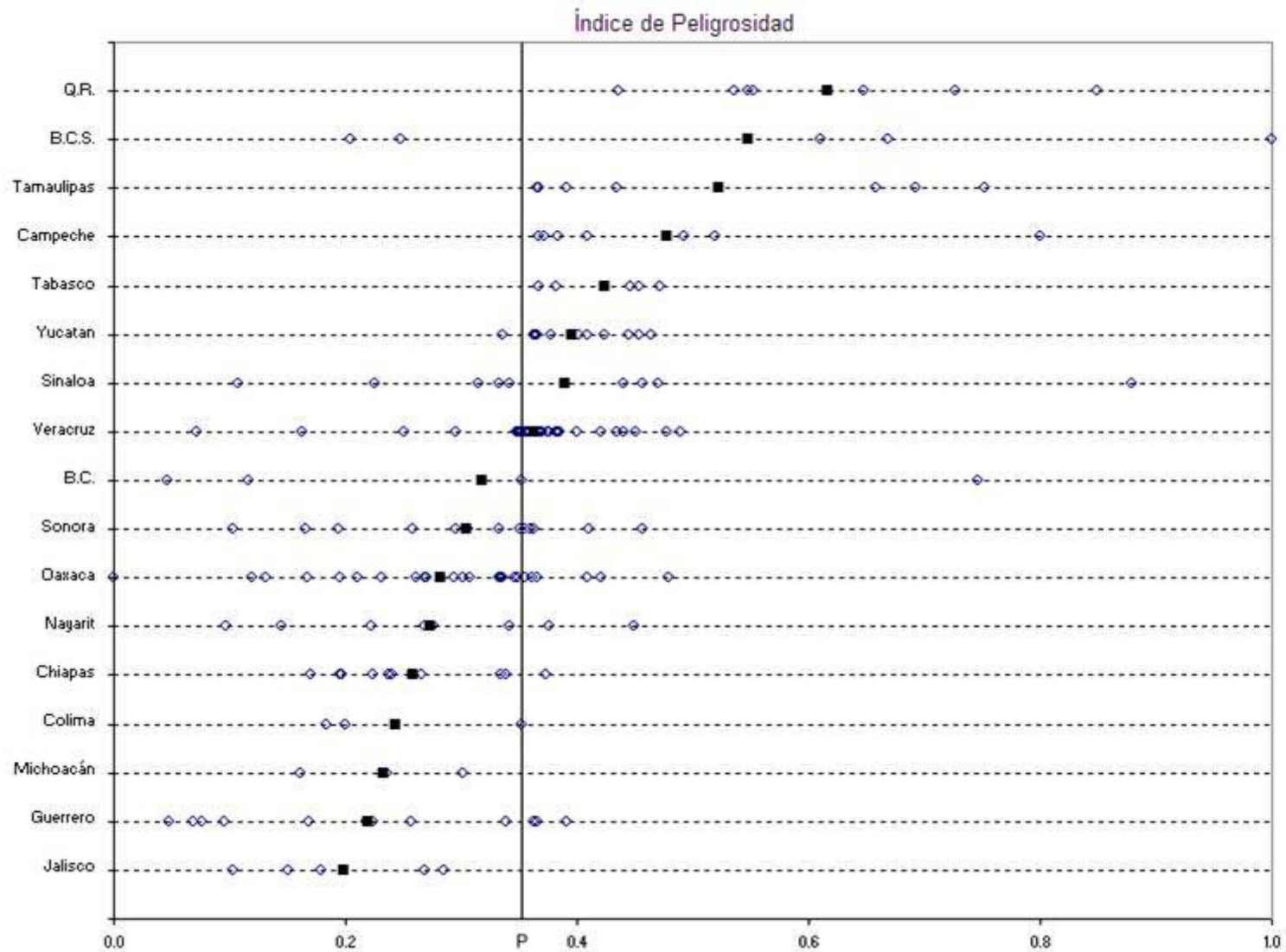


Figura II-1. Índice de peligrosidad: Datos de los 169 municipios costeros agrupados en los 17 estados. En un punto negro en promedio estatal del índice de peligrosidad y la línea marca el promedio de 0.35 de IP municipal.

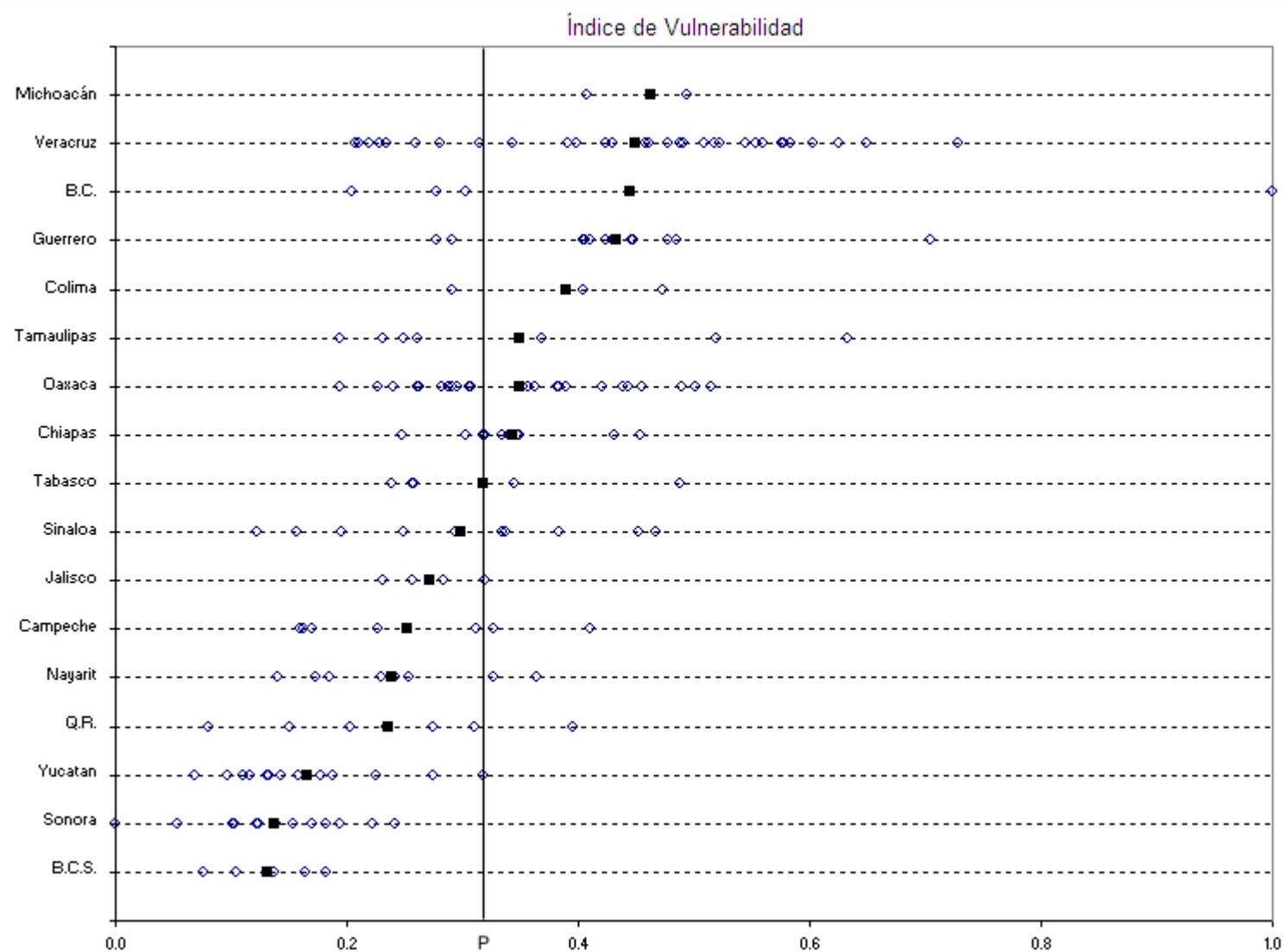


Figura II-2. Índice de vulnerabilidad: Datos de los 169 municipios costeros agrupados en los 17 estados. En un punto negro en promedio estatal del índice de vulnerabilidad y la línea marca el promedio de 0.32 de IV municipal.



Figura II-3. Índice de vulnerabilidad, por municipio.

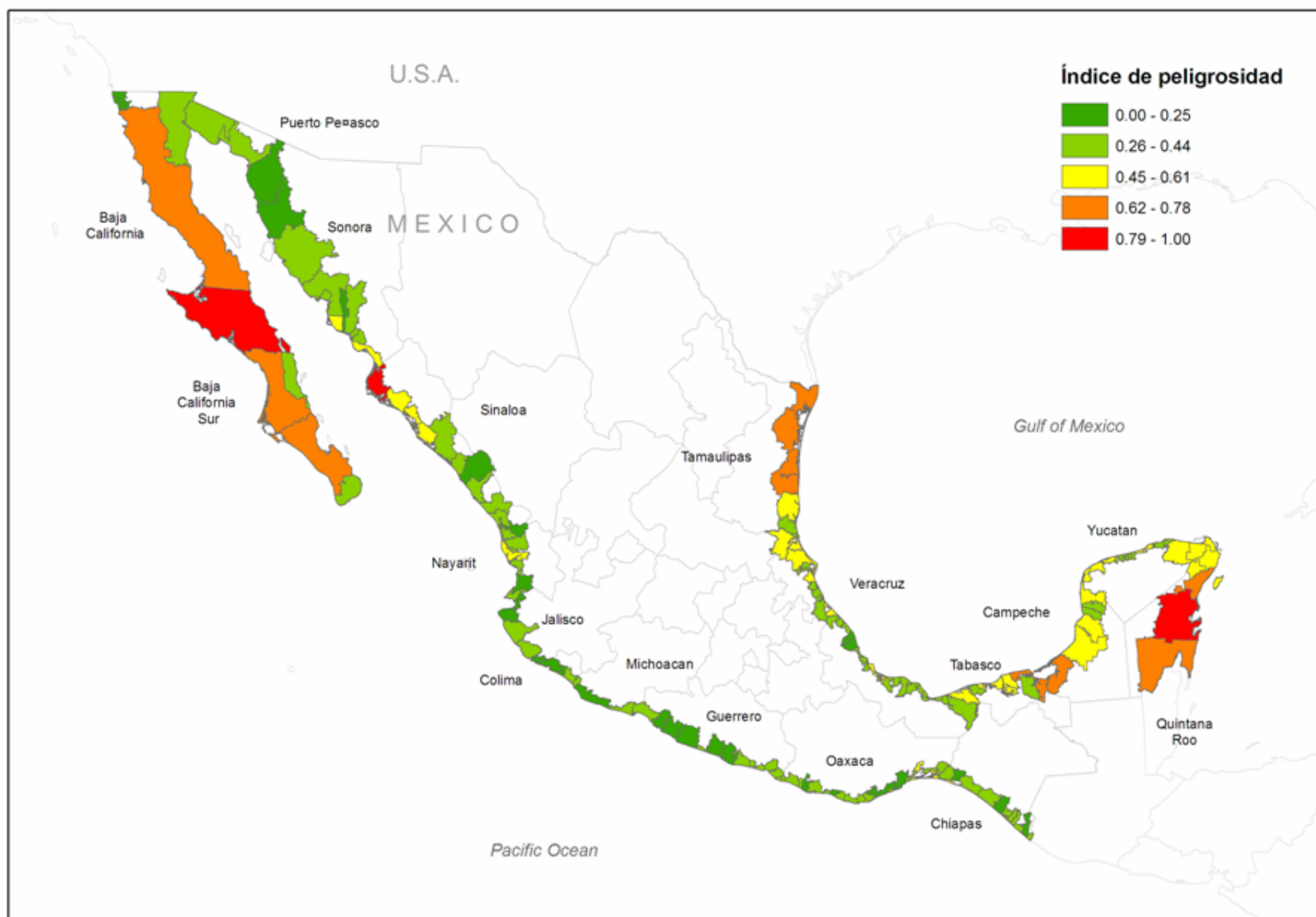


Figura II-4. Índice de peligrosidad, por municipio.

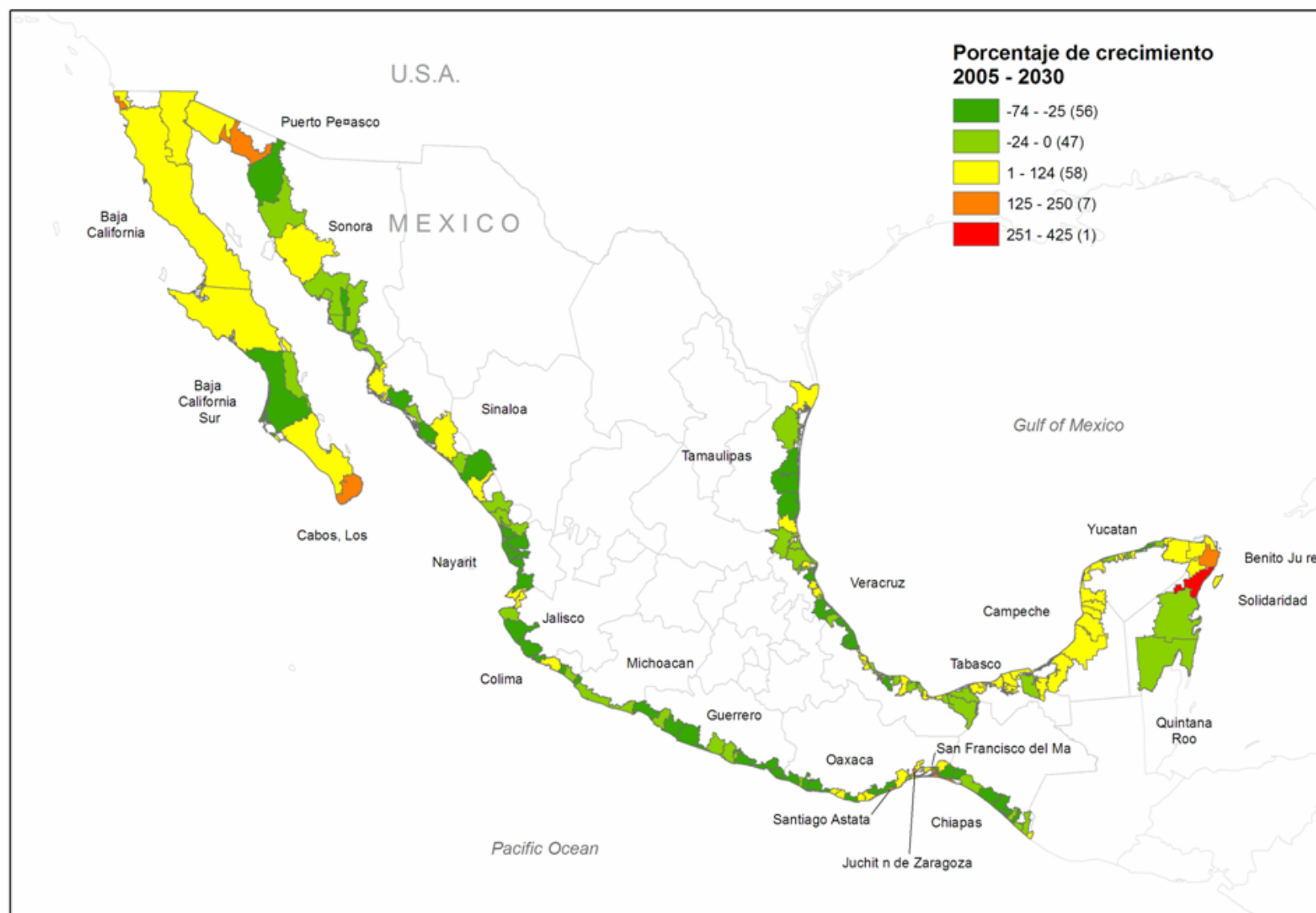


Figura II-5. Porcentaje de crecimiento municipal entre los años 2005 y 2030 (INEGI, 2005 y Partida Bush, 2030).

Anexo III - Anexo del Artículo 3

Anexo III – Artículo 3

Artículo 3: Orientación costera municipal

Modelo: Modelo de orientación costera = orientación costera física + orientación costera social + orientación costera económica

Unidades geográficas: Municipios + Estados + Planicie costera

Contenido:

- Tabla III-1. Tabla de indicadores del artículo 3.
- Diagrama III-1. Agregación de la información para el índice de orientación costera.
- Diagrama III-2. Agregación de la información para el componente físico, ICF, del índice de orientación costera.
- Diagrama III-3. Agregación de la información para el componente social, ICS, del índice de orientación costera.
- Diagrama III-4. Agregación de la información para el componente económico, ICE, del índice de orientación costera.
- Tabla III-2. Resultados del modelo de índice de riesgo ordenados por IR decreciente: clases por municipio.
- Figura III-1. Indicador municipal de longitud de costa.
- Figura III-2. Indicador de área municipal.
- Figura III-3. Subíndice municipal de longitud de costa entre superficie municipal: CLMAI.
- Figura III-4. Subíndice municipal de proporción del municipio en la planicie PMCPI.
- Figura III-5. Subíndice municipal de número de aguas marinas interiores: MIWI.
- Figura III-6. Indicador de población municipal para el año 2005: PM.
- Figura III-7. Indicador municipal de población en la planicie costera para el año 2005: PP.
- Figura III-8. Subíndice municipal de población costera: $CPI = PP / PM$.
- Figura III-9. Indicador municipal de número de localidades entre 10,000 y 100,000 habitantes en el municipio (2005).
- Figura III-10. Indicador municipal de número de localidades entre 10,000 y 100,000 habitantes en la planicie (2005).
- Figura III-11. Indicador municipal de número de localidades superior a 100,000 habitantes (2005).
- Figura III-12. Subíndice municipal de infraestructura urbana: UUI.
- Figura III-13. Indicador municipal de porcentaje de la población de la planicie que gane menos de 2 salarios mínimos: (2000) P2MS.
- Figura III-14. Indicador municipal de porcentaje de la población de la planicie que gane más de 2 y hasta 5 salarios mínimos (2000): P2T5MS.
- Figura III-15. Indicador municipal de porcentaje de la población de la planicie que gane más de 5 salarios mínimos (2000): P5MS.

Indicadores:	Unidades	Fuente	Fecha	Unidad(es) de evaluación perpendicular	Unidad(es) de evaluación paralela	Periodicidad de disponibilidad
Ratio longitud de línea de costa/área municipal	Kilómetros/ kilómetros cuadrados	Información vectorial INEGI topográfica 1:250,000,	2000	Municipio	NA	NA
Porcentaje del área municipal en la planicie	%	Información vectorial INEGI topográfica 1:250,000, cuota de los 200 metros	2000	Municipio	Municipio, Planicie costera	NA
Número de aguas marinas interiores	Sin unidades	Escofet (2004)	2004	Municipio, Estado	NA	NA
Proporción de los habitantes del municipio en la planicie	Proporción de habitantes municipales	Censo de población de INEGI	2005	Municipio, Estado	Planicie costera	5 años
Proporción de ciudades medianas y grandes del municipio que estén en la planicie	Proporción de ciudades medias/grandes del municipio	Censo de población de INEGI	2005	Municipio, Estado	Planicie costera	5 años
Porcentaje de la población de la planicie costera que gane < 2SM	Proporción de habitantes de la planicie	Censo de población de INEGI	2000	Municipio, Estado	Planicie costera	5 años
Porcentaje de la población de la planicie costera que gane entre 2 y 5SM	Proporción de habitantes de la planicie	Censo de población de INEGI	2000	Municipio, Estado	Planicie costera	5 años
Porcentaje de la población de la planicie costera que gane > 5SM	Proporción de habitantes de la planicie	Censo de población de INEGI	2000	Municipio, Estado	Planicie costera	5 años

Tabla III-1. Tabla de indicadores del artículo 3.

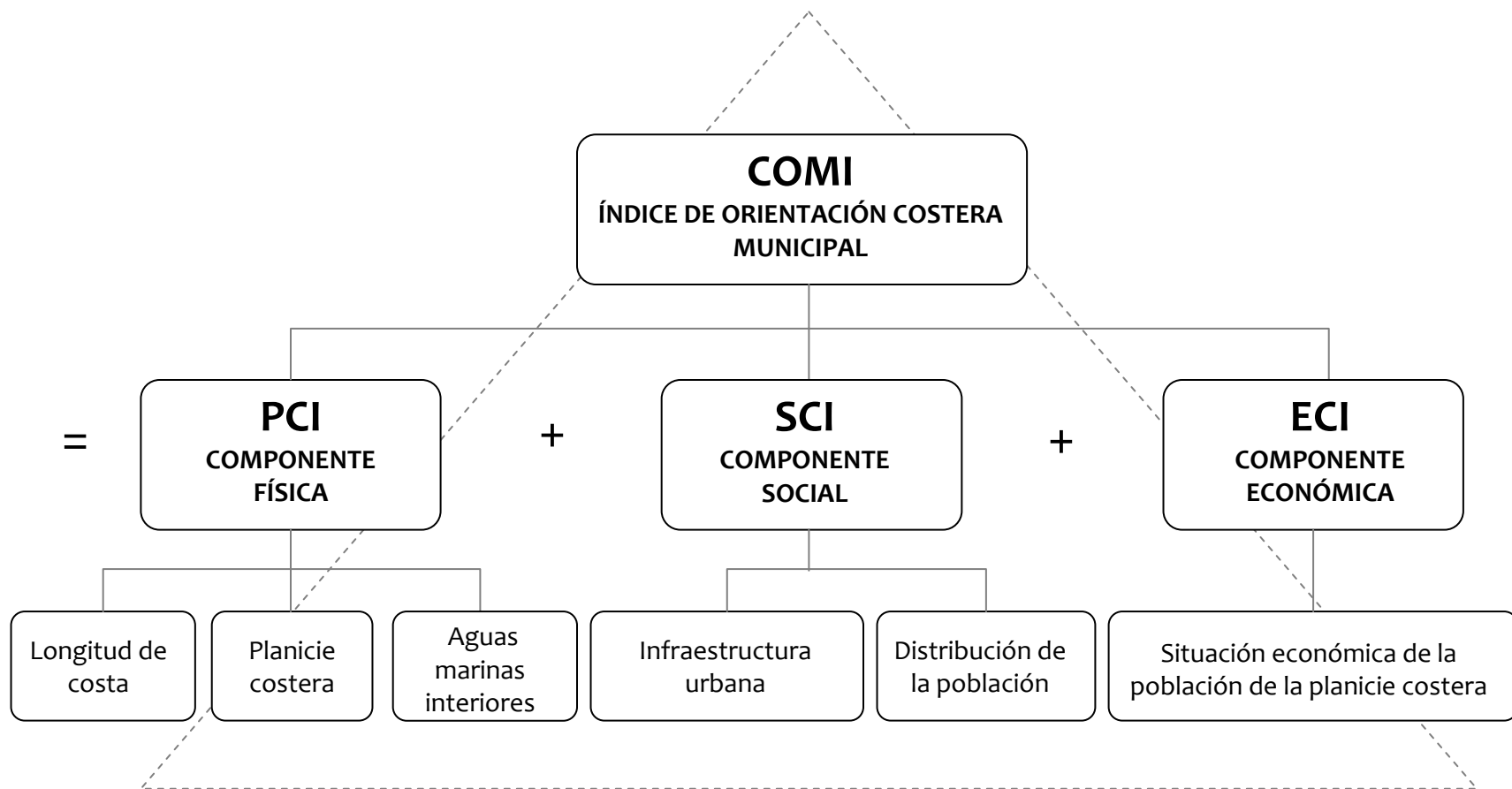


Diagrama III-1. Agregación de la información para el índice de orientación costera.

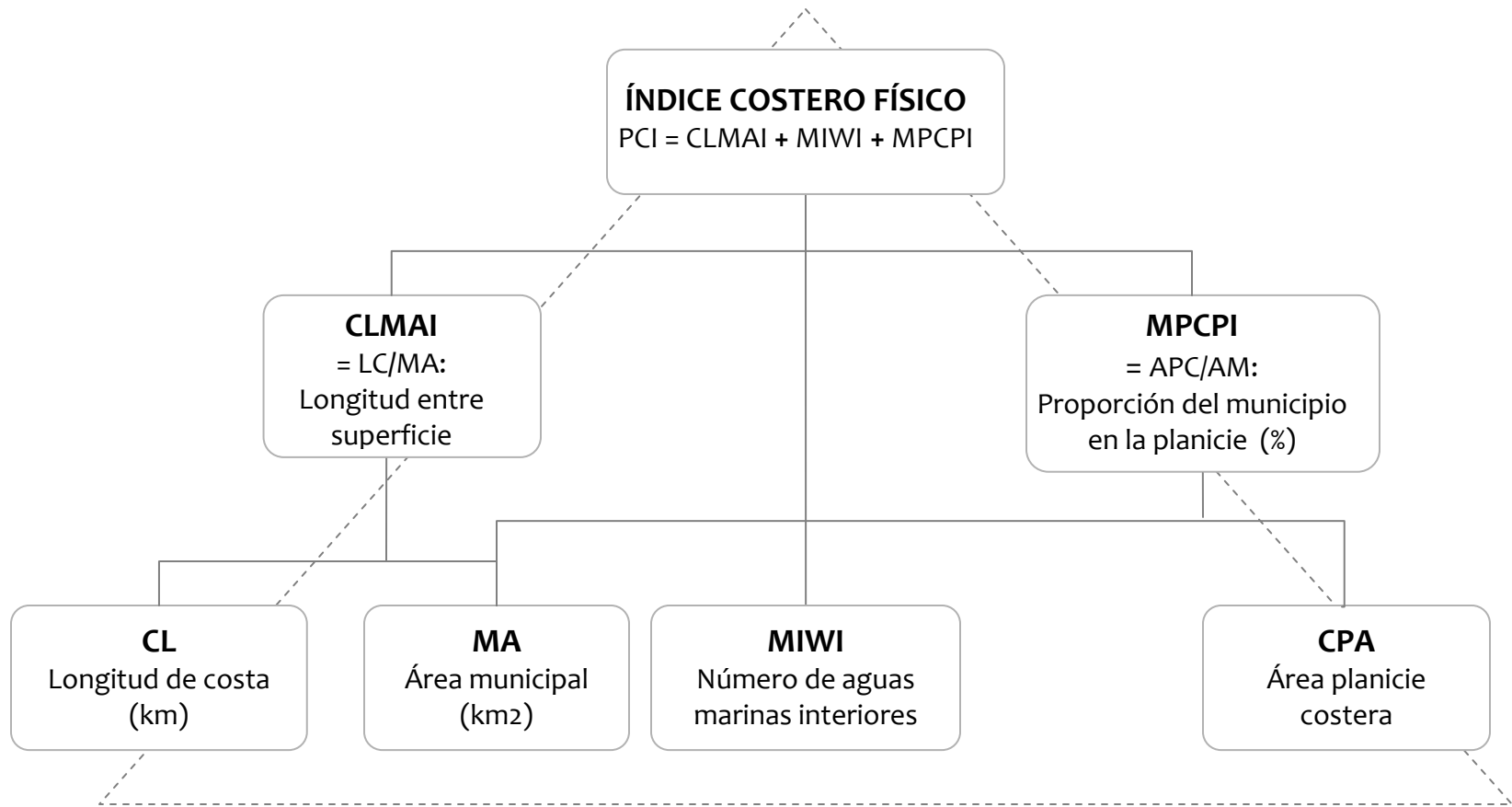


Diagrama III-2. Agregación de la información para el componente físico, PCI, del índice de orientación costera.

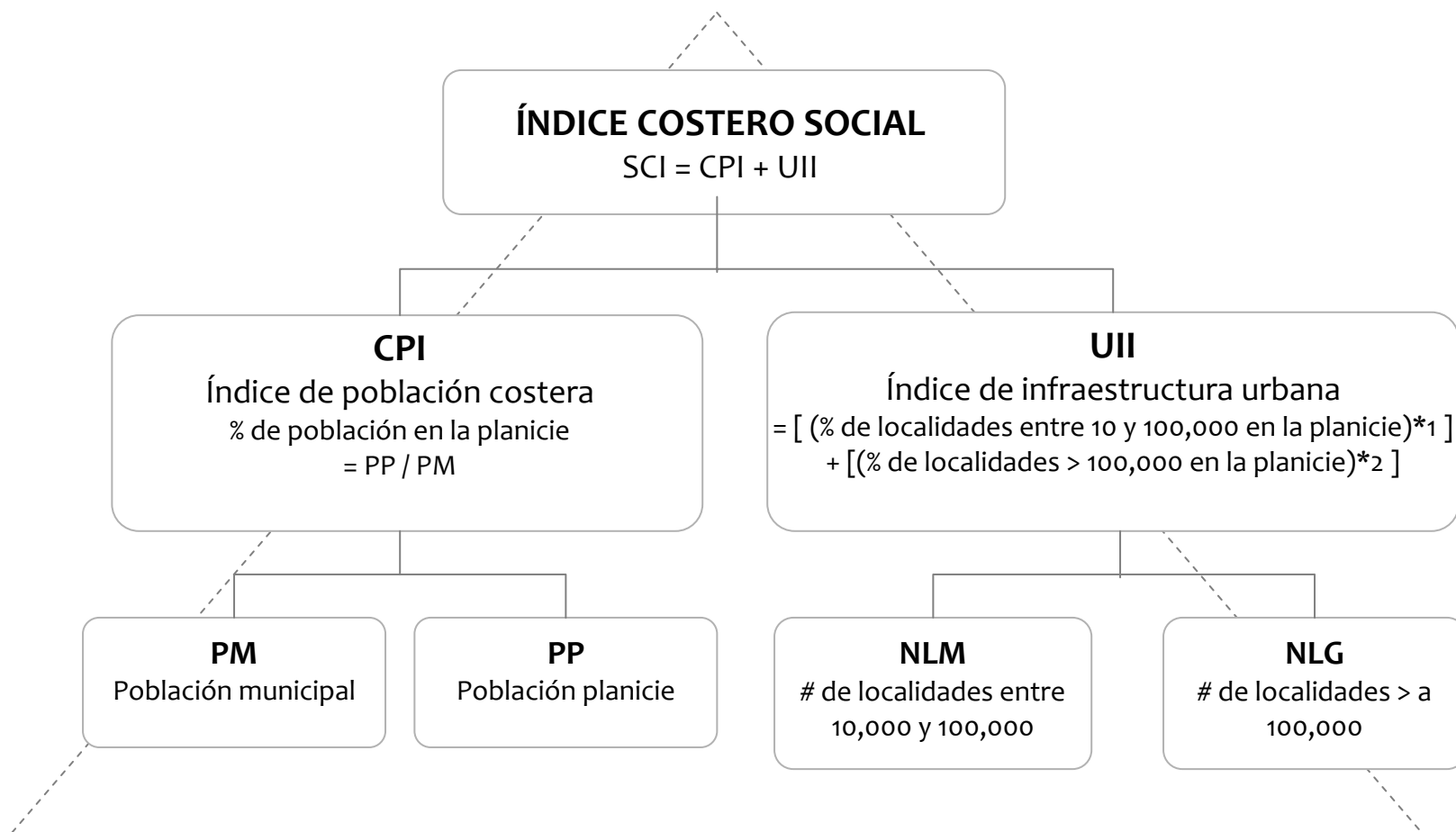


Diagrama III-3. Agregación de la información para el componente social, SCI, del índice de orientación costera.

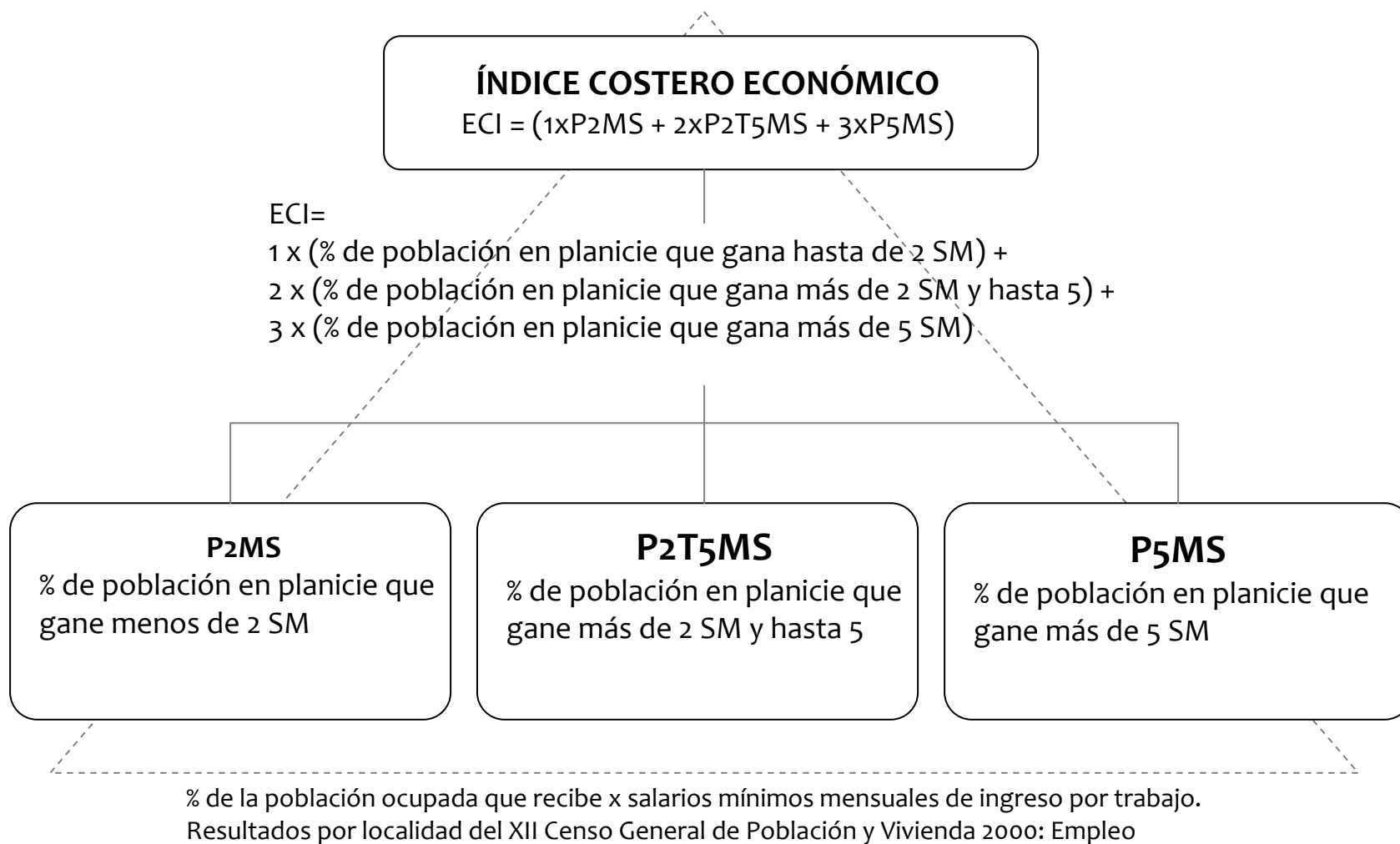


Diagrama III-4. Agregación de la información para el componente económico, ECI, del índice de orientación costera.

Municipalidad, Estado	Ranking	COMI	CLMAI	PMCPi	MIWI	PCI	CPI	UII	SCI	P2MS	P2T5MS	P5MS	ECI
Benito Juárez, Quintana Roo	1	MA	B	MA2	A	A3	MA4	MA5	MA6	B7	MA8	MA9	MA10
Mexicali, Baja California	2	MA	B	A	A	A	MA	MA	MA	B	MA	MA	MA
Ahome, Sinaloa	3	MA	M	MA	A	MA	MA	MA	MA	M	A	A	A
Solidaridad, Quintana Roo	4	MA	B	MA	M	A	MA	MA	MA	B	MA	A	MA
Ciudad Madero, Tamaulipas	5	MA	A	MA	B	A	MA	A	MA	B	A	MA	MA
Boca del Río, Veracruz	6	MA	M	MA	M	A	MA	MA	MA	M	A	A	A
Veracruz, Veracruz	7	MA	B	MA	A	A	MA	MA	MA	M	A	A	A
Ensenada, Baja California	8	MA	B	B	MA	M	MA	MA	MA	B	MA	A	MA
Mazatlán, Sinaloa	9	MA	B	A	M	M	MA	MA	MA	B	MA	A	A
Carmen, Campeche	10	MA	M	MA	M	A	MA	A	MA	M	A	MA	A
Culiacán, Sinaloa	11	MA	B	A	M	M	MA	MA	MA	M	MA	A	A
Paz, La, Baja California Sur	12	MA	B	A	MA	A	MA	A	MA	B	MA	A	MA
Puerto Vallarta, Jalisco	13	MA	B	M	B	M	MA	MA	MA	B	MA	MA	MA
Matamoros, Tamaulipas	14	MA	B	MA	B	A	MA	A	MA	B	MA	A	A
Isla Mujeres, Quintana Roo	15	MA	A	MA	A	MA	MA	M	A	M	MA	M	A
Coatzacoalcos, Veracruz	16	MA	M	MA	B	A	MA	MA	MA	M	A	A	A
San Luis Río Colorado, Sonora	17	MA	B	MA	B	M	MA	A	MA	B	A	MA	MA
Tampico, Tamaulipas	18	MA	B	MA	B	M	MA	A	MA	M	A	A	A
Paraíso, Tabasco	19	MA	A	MA	A	MA	MA	M	A	A	M	A	A
Cajeme, Sonora	20	MA	B	A	B	M	MA	MA	MA	M	A	A	A
Salina Cruz, Oaxaca	21	MA	M	MA	B	A	MA	M	A	M	A	A	A
Cozumel, Quintana Roo	22	MA	M	MA	B	A	MA	M	A	B	MA	A	MA
Tijuana, Baja California	23	MA	B	B	B	B	MA	MA	MA	B	MA	MA	MA
Guaymas, Sonora	24	MA	B	A	A	M	MA	A	MA	M	MA	A	A
Cabos, Los, Baja California Sur	25	MA	B	M	A	M	MA	M	A	B	MA	MA	MA
Othón P. Blanco, Quintana Roo	26	H	A	MA	A	M	MA	A	MA	M	A	A	A
Manzanillo, Colima	27	H	A	M	M	M	MA	A	MA	A	MA	A	A
Mulegé, Baja California Sur	28	H	A	A	MA	A	MA	M	A	M	MA	M	A
Puerto Peñasco, Sonora	29	H	A	A	M	M	MA	M	A	A	MA	A	A
Campeche, Campeche	30	H	A	MA	A	A	MA	A	MA	M	A	M	A
Playas de Rosarito, Baja California	31	H	A	M	A	M	MA	M	A	A	MA	MA	MA
Juchitán de Zaragoza, Oaxaca	32	H	A	MA	A	MA	MA	M	A	A	M	M	M
Progreso, Yucatan	33	H	M	MA	M	A	MA	M	A	M	A	M	M

Tabla III-2. Resultados del modelo de índice de riesgo ordenados por IR decreciente: clases por municipio.

Municipalidad, Estado	Ranking	COMI	CLMAI	PMCPi	MIWI	PCI	CPI	UII	SCI	P2MS	P2T5MS	P5MS	ECI
Empalme, Sonora	34	H	A	MA	A	A	MA	M	A	M	A	M	A
Bahía de Banderas, Nayarit	35	H	A	A	A	M	MA	M	A	A	MA	A	A
Alvarado, Veracruz	36	H	M	MA	M	A	MA	M	A	A	A	M	M
Antigua, La, Veracruz	37	H	M	MA	A	A	MA	M	A	M	A	M	M
Agua Dulce, Veracruz	38	H	A	MA	A	A	MA	M	A	M	M	A	A
Felipe Carrillo Puerto, Q. Roo	39	H	A	MA	A	A	MA	M	A	A	M	M	M
Lázaro Cárdenas, Michoacán	40	H	A	A	A	M	MA	M	A	A	MA	A	MA
Navolato, Sinaloa	41	H	A	MA	M	A	MA	M	A	A	A	A	M
Cárdenas, Tabasco	42	H	A	MA	M	A	MA	M	A	A	M	M	M
Pueblo Viejo, Veracruz	43	H	A	MA	M	A	MA	M	A	M	A	M	M
Comondú, Baja California Sur	44	H	A	A	A	A	MA	M	A	M	A	M	A
Lerdo de Tejada, Veracruz	45	H	A	MA	A	A	MA	M	A	A	A	M	M
Túxpam, Veracruz	46	H	A	MA	A	A	MA	M	A	A	A	M	M
Tecuala, Nayarit	47	H	A	MA	M	A	MA	M	A	A	A	M	M
Loreto, Baja California Sur	48	H	A	M	A	M	MA	M	A	M	MA	M	A
Altamira, Tamaulipas	49	H	A	MA	A	A	MA	M	A	M	A	M	M
Guasave, Sinaloa	50	H	A	MA	A	A	MA	M	A	A	A	M	M
Huatabampo, Sonora	51	H	A	MA	M	A	MA	M	A	A	M	A	M
San Francisco del Mar, Oaxaca	52	H	MA	MA	A	MA	MA	A	M	MA	M	A	A
San Fernando, Tamaulipas	53	H	A	MA	M	A	MA	M	A	A	M	M	M
Santiago Ixcuintla, Nayarit	54	H	A	MA	A	A	MA	M	A	A	M	A	M
Florencio Villarreal, Guerrero	55	H	A	MA	A	A	MA	M	A	A	M	M	M
Angostura, Sinaloa	56	H	M	MA	A	A	MA	A	M	M	A	M	A
San Mateo del Mar, Oaxaca	57	H	MA	MA	A	MA	MA	A	M	MA	A	A	A
Benito Juárez, Sonora	58	H	M	MA	A	A	MA	M	A	A	M	A	M
Cihuatlán, Jalisco	59	H	A	M	A	M	MA	M	A	M	MA	M	A
Centla, Tabasco	60	H	A	MA	M	A	MA	M	A	A	M	M	M
Calkiní, Campeche	61	H	A	MA	M	A	MA	M	A	A	M	M	M
Ursulo Galván, Veracruz	62	H	A	MA	M	A	MA	A	M	M	A	M	M
Escuinapa, Sinaloa	63	H	A	MA	A	M	MA	M	A	A	A	M	M
Comalcalco, Tabasco	64	H	A	MA	A	M	MA	M	A	A	M	M	M
Tecomán, Colima	65	H	A	MA	A	M	MA	M	A	A	A	M	M
Pánuco, Veracruz	66	H	A	MA	A	M	MA	M	A	A	M	M	M

Tabla III-2. Resultados del modelo de índice de riesgo ordenados por IR decreciente: clases por municipio (continuación).

Municipalidad, Estado	Ranking	COMI	CLMAI	PMCPi	MIWI	PCI	CPI	UII	SCI	P2MS	P2T5MS	P5MS	ECI
Acapulco de Juárez, Guerrero	67	H	A	M	A	M	MA	A	MA	A	A	M	M
Medellín, Veracruz	68	H	A	MA	A	M	MA	M	A	A	M	A	M
Tapachula, Chiapas	69	H	A	A	A	A	MA	A	A	M	A	M	M
Tuxpan, Nayarit	70	H	A	MA	A	M	MA	M	A	A	A	M	M
Santa María Huatulco, Oaxaca	71	H	A	A	A	M	A	M	M	M	A	A	A
Champotón, Campeche	72	H	A	MA	A	A	MA	M	A	A	M	A	M
Aldama, Tamaulipas	73	H	A	A	M	M	MA	M	A	A	M	A	M
José Azueta, Guerrero	74	H	A	A	A	A	MA	M	A	M	MA	M	A
Papantla, Veracruz	75	H	A	MA	A	M	MA	M	A	A	M	A	M
Huimanguillo, Tabasco	76	H	A	MA	A	M	MA	M	A	A	M	A	M
Angel R. Cabada, Veracruz	77	H	A	MA	A	A	MA	M	A	A	M	A	M
Copala, Guerrero	78	H	A	MA	M	A	MA	A	M	A	M	A	M
San Andrés Tuxtla, Veracruz	79	H	A	MA	A	A	MA	M	A	MA	M	A	A
San Ignacio Río Muerto, Sonora	80	H	A	MA	M	A	MA	A	M	A	M	A	M
Martínez de la Torre, Veracruz	81	H	A	MA	A	M	MA	M	A	A	M	M	M
Catemaco, Veracruz	82	H	A	MA	A	A	MA	M	A	MA	A	A	A
Tonalá, Chiapas	83	H	A	A	M	M	MA	M	A	A	M	A	M
Elota, Sinaloa	84	H	A	MA	A	M	MA	M	A	A	M	A	M
Acaponeta, Nayarit	85	H	A	M	A	M	MA	M	A	M	A	M	M
Tampico H, Veracruz	86	M	M	MA	M	A	MA	A	M	MA	M	A	A
Santo Domingo Tehuantepec, Oax.	87	M	A	M	A	M	MA	M	A	A	A	M	M
Tecolutla, Veracruz	88	M	M	MA	M	A	MA	A	M	MA	A	A	A
Hunucmá, Yucatan	89	M	A	MA	A	A	MA	M	A	MA	A	A	A
Río Lagartos, Yucatan	90	M	M	MA	A	A	MA	A	M	A	M	A	M
Benito Juárez, Guerrero	91	M	M	MA	A	A	MA	A	M	A	A	A	M
San Pedro Mixtepec, Oaxaca	92	M	A	M	A	M	MA	M	A	M	A	M	A
Tomatlán, Jalisco	93	M	A	A	A	M	MA	A	M	M	MA	M	A
Dzilam de Bravo, Yucatan	94	M	M	MA	A	A	MA	A	M	A	M	A	A
Tamiahua, Veracruz	95	M	M	MA	M	A	MA	A	M	MA	A	A	A
Suchiate, Chiapas	96	M	A	MA	A	M	MA	M	A	A	M	A	A
Tlacotalpan, Veracruz	97	M	A	MA	A	M	MA	A	M	A	M	M	M
Soto la Marina, Tamaulipas	98	M	A	MA	A	M	MA	A	M	A	A	A	M
Rosario, Sinaloa	99	M	A	A	A	A	MA	M	A	M	A	M	M

Tabla III-2. Resultados del modelo de índice de riesgo ordenados por IR decreciente: clases por municipio (continuación).

Municipalidad, Estado	Ranking	COMI	CLMAI	PMCPi	MIWI	PCI	CPI	UII	SCI	P2MS	P2T5MS	P5MS	ECI
Lázaro Cárdenas, Quintana Roo	100	M	A	MA	A	A	MA	A	M	A	M	A	M
San Pedro Pochutla, Oaxaca	101	M	A	A	A	M	MA	M	A	A	A	A	M
Tizimín, Yucatan	102	M	A	MA	A	M	MA	M	A	MA	A	A	A
San Dionisio del Mar, Oaxaca	103	M	M	MA	A	A	MA	A	M	MA	A	A	A
Tatahuicapan de Juárez, Ver.	104	M	A	MA	A	A	MA	A	M	A	M	A	M
Santiago Astata, Oaxaca	105	M	M	MA	A	A	MA	A	M	A	M	A	M
Cuajinicuilapa, Guerrero	106	M	A	MA	A	A	MA	A	M	A	M	A	M
Arriaga, Chiapas	107	M	A	A	A	M	MA	M	A	A	M	A	M
Palizada, Campeche	108	M	A	MA	A	A	MA	A	M	A	M	M	M
Etchojoa, Sonora	109	M	A	MA	A	A	MA	A	M	A	M	A	M
San Francisco Ixhuatán, Oax.	110	M	A	MA	A	A	MA	A	M	A	M	A	M
Pijijiapan, Chiapas	111	M	A	A	M	M	MA	M	A	MA	M	A	A
San Blas, Nayarit	112	M	A	A	A	M	MA	A	M	M	A	A	M
Unión de Isidoro Montes, Guerrero	113	M	A	M	A	M	MA	A	M	M	MA	A	A
Dzidzantún, Yucatan	114	M	A	MA	A	M	MA	A	M	A	M	M	M
Hecelchakán, Campeche	115	M	A	MA	A	M	MA	A	M	A	M	M	M
Ozuluama de Mascareñas, Ver.	116	M	A	MA	M	A	MA	A	M	MA	A	A	A
Huixtla, Chiapas	117	M	A	A	A	M	MA	M	A	A	M	M	M
Petatlán, Guerrero	118	M	A	A	A	A	MA	M	A	M	A	A	M
Coahuayana, Michoacán	119	M	A	A	A	M	MA	A	M	A	A	M	M
Mecayapan, Veracruz	120	M	A	MA	A	A	MA	A	M	MA	A	A	A
Santa María Colotepec, Oaxaca	121	M	A	A	A	M	MA	A	M	A	A	A	M
Telchac Puerto, Yucatan	122	M	M	MA	A	A	MA	A	M	MA	M	A	A
Tenabo, Campeche	123	M	A	MA	A	A	MA	A	M	A	M	A	A
Armería, Colima	124	M	A	A	A	A	MA	M	A	A	M	A	M
Santa María Xadani, Oaxaca	125	M	M	MA	A	A	MA	A	M	MA	A	A	A
Celestún, Yucatan	126	M	A	MA	A	A	MA	A	M	MA	M	A	A
Acapetahua, Chiapas	127	M	A	MA	A	A	MA	A	M	MA	M	A	A
Técpán de Galeana, Guerrero	128	M	A	A	A	A	MA	M	A	M	A	A	M
Villa de Tututepec de M, Oaxaca	129	M	A	A	A	M	MA	M	A	A	M	A	A
Mapastepec, Chiapas	130	M	A	A	A	M	MA	M	A	A	M	A	M
San Pedro Tapanatepec, Oaxaca	131	M	A	MA	A	M	MA	A	M	A	M	A	M
Huerta, La, Jalisco	132	M	A	M	A	M	M	A	A	M	MA	M	A

Tabla III-2. Resultados del modelo de índice de riesgo ordenados por IR decreciente: clases por municipio (continuación).

Municipalidad, Estado	Ranking	COMI	CLMAI	PMCPi	MIWI	PCI	CPI	UII	SCI	P2MS	P2T5MS	P5MS	ECI
San Pedro Huilotepec, Oaxaca	133	M	A	MA	A	M	MA	A	M	A	M	A	M
Pajapan, Veracruz	134	M	A	MA	M	A	MA	A	M	MA	A	A	A
Cazones, Veracruz	135	M	A	MA	A	A	MA	A	M	MA	A	A	A
Pitiquito, Sonora	136	M	A	A	A	A	M	A	A	A	MA	A	MA
Rosamorada, Nayarit	137	M	A	A	A	M	MA	A	M	A	M	A	M
Vega de Alatorre, Veracruz	138	M	A	A	A	M	MA	A	M	A	M	A	M
Santa María Tonameca, Oaxaca	139	M	A	MA	A	M	MA	A	M	A	M	A	A
Bácum, Sonora	140	M	A	A	A	M	MA	A	M	A	M	A	M
Santiago Tapextla, Oaxaca	141	M	A	MA	A	M	MA	A	M	MA	A	A	A
Mazatán, Chiapas	142	M	A	MA	A	M	MA	A	M	MA	A	A	A
Tamalín, Veracruz	143	M	A	MA	A	A	MA	A	M	MA	A	A	A
San Marcos, Guerrero	144	M	A	A	A	M	A	M	M	A	M	A	M
Compostela, Nayarit	145	M	A	A	A	A	A	A	M	M	A	M	M
Dzemul, Yucatan	146	M	A	MA	A	M	MA	A	M	MA	A	A	A
San Felipe, Yucatan	147	M	A	MA	A	A	MA	A	M	MA	A	A	A
Santo Domingo Zanatepec, Oax.	148	M	A	MA	A	M	MA	A	M	MA	A	A	A
Yobaín, Yucatan	149	M	A	MA	A	M	MA	A	1	MA	A	A	A
Santo Domingo Armenta, Oaxaca	150	M	A	MA	A	M	MA	A	M	MA	A	A	A
Nautla, Veracruz	151	M	A	MA	A	M	MA	A	M	MA	A	A	A
Hermosillo, Sonora	152	M	A	A	A	M	A	M	A	A	A	A	M
Ixil, Yucatan	153	M	A	MA	A	M	MA	A	M	MA	A	A	A
Sinanché, Yucatan	154	M	A	MA	A	M	MA	A	M	MA	A	A	A
Santiago Pinotepa Nacional, Oax.	155	M	A	MA	A	M	M	A	A	M	A	M	M
Actopan, Veracruz	156	M	A	M	M	M	A	A	A	A	M	M	M
Tantima, Veracruz	157	M	A	MA	A	M	MA	A	M	MA	A	A	A
Aguila, Michoacán	158	M	A	A	M	A	A	A	A	M	A	M	M
Azoyú, Guerrero	159	M	A	A	A	M	A	A	M	A	M	A	A
Villa Comaltitlán, Chiapas	160	M	A	MA	A	M	MA	A	M	MA	M	A	A
Coyuca de Benítez, Guerrero	161	M	A	A	A	A	A	M	M	A	M	A	M
San Ignacio, Sinaloa	162	M	A	A	A	A	MA	A	M	M	A	M	M
San Pedro Huamelula, Oaxaca	163	M	A	M	A	A	MA	A	M	MA	M	A	A
Caborca, Sonora	164	M	A	M	A	M	A	A	A	M	MA	A	M
Santa María Huazolotitl, Oaxaca	165	M	A	A	A	M	A	A	A	MA	M	A	A

Tabla III-2. Resultados del modelo de índice de riesgo ordenados por IR decreciente: clases por municipio (continuación).

Municipalidad, Estado	Ranking	COMI	CLMAI	PMCPi	MIWI	PCI	CPI	UII	SCI	P2MS	P2T5MS	P5MS	ECI
Cabo Corrientes, Jalisco	166	H	A	A	M	A	M	A	A	M	A	A	M
Santiago Jamiltepec, Oaxaca	167	H	A	A	A	M	M	A	A	MA	A	A	A
H Lucero de Gutiérrez, Veracruz	168	H	A	A	A	M	A	A	A	A	M	A	M
San Miguel del Puerto, Oaxaca	169	H	A	A	A	A	A	A	A	A	M	A	A

Tabla III-2. Resultados del modelo de índice de riesgo ordenados por IR decreciente: clases por municipio (continuación).

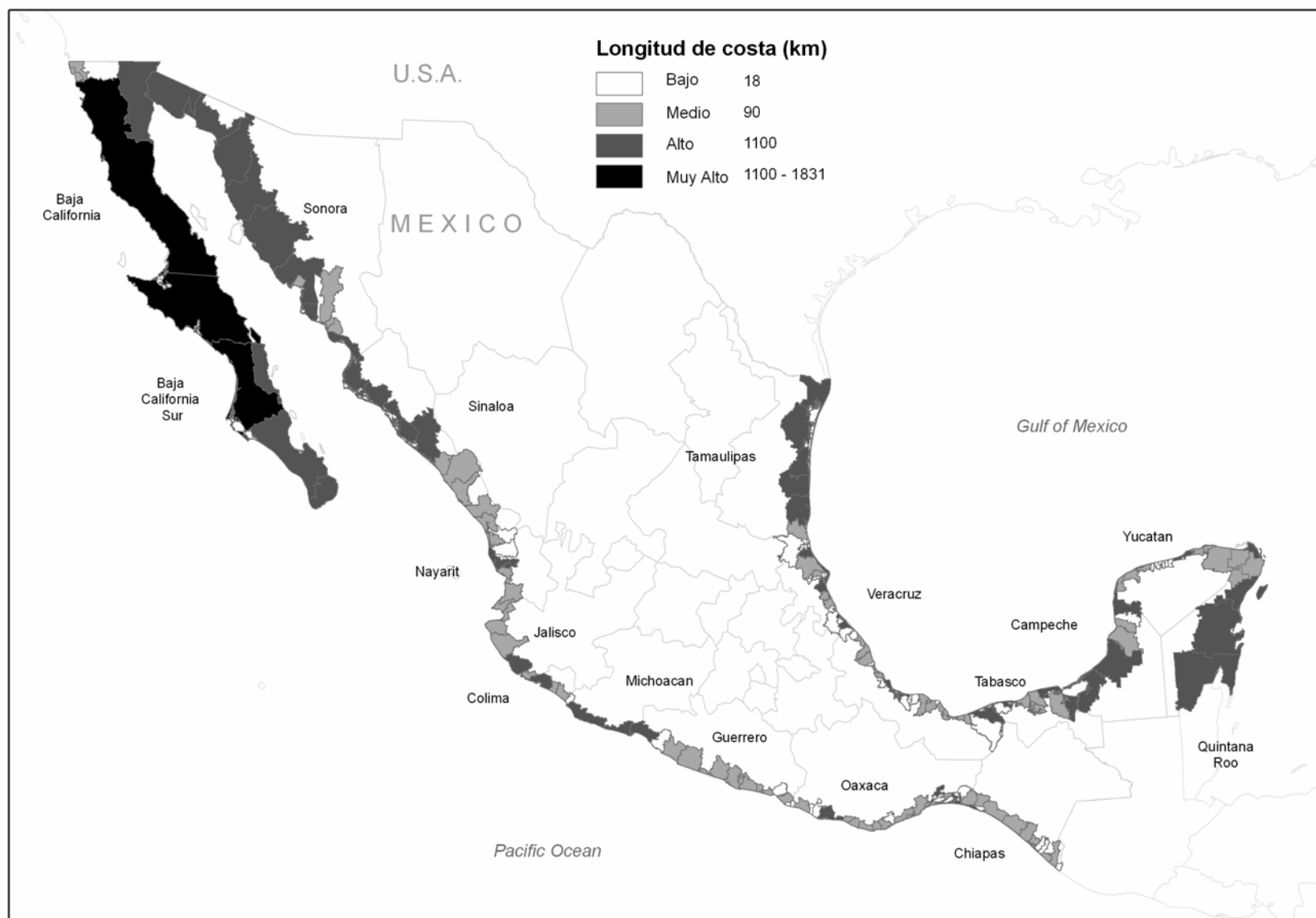


Figura III-1. Indicador municipal de longitud de costa.

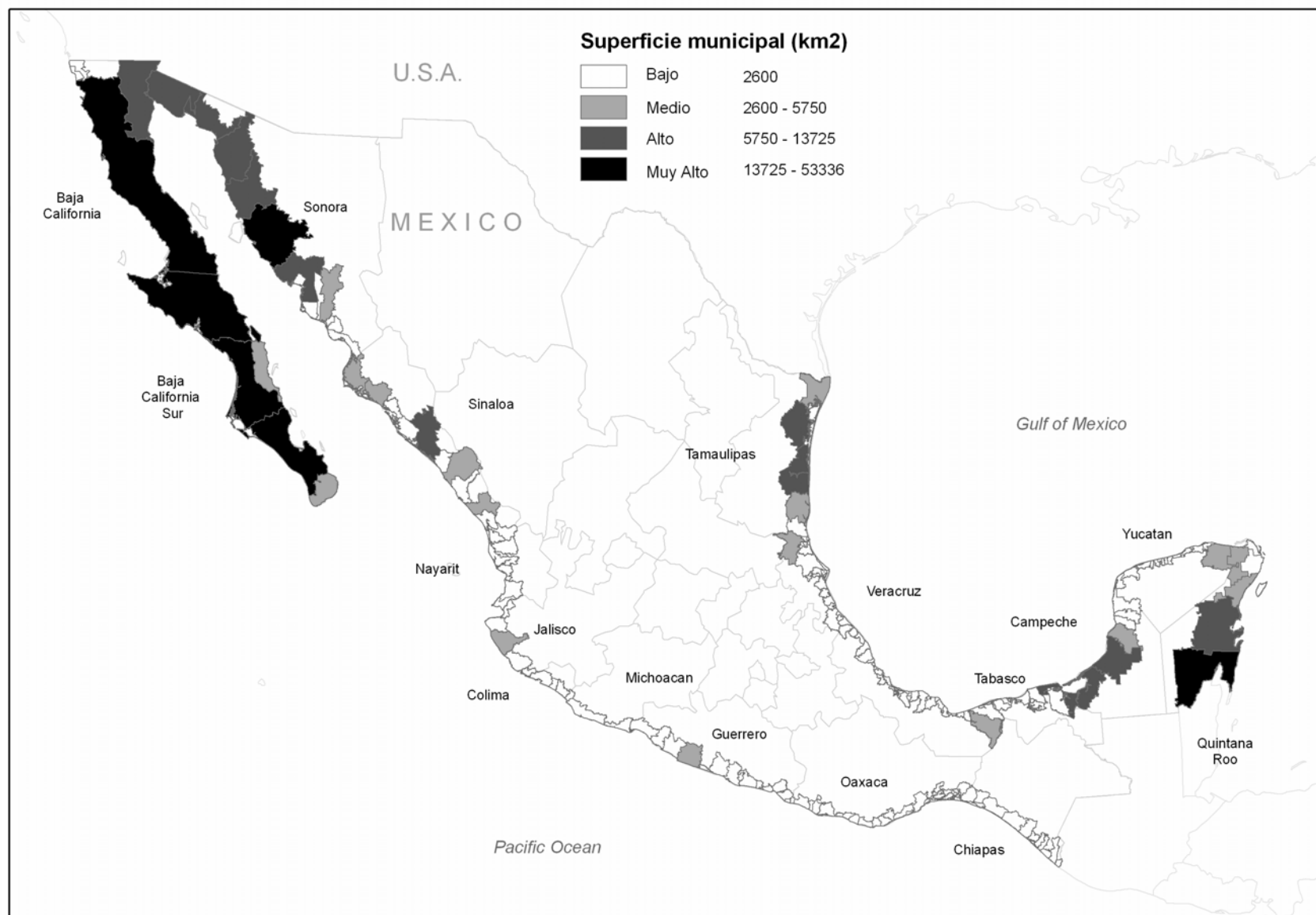


Figura III-2. Indicador de área municipal.

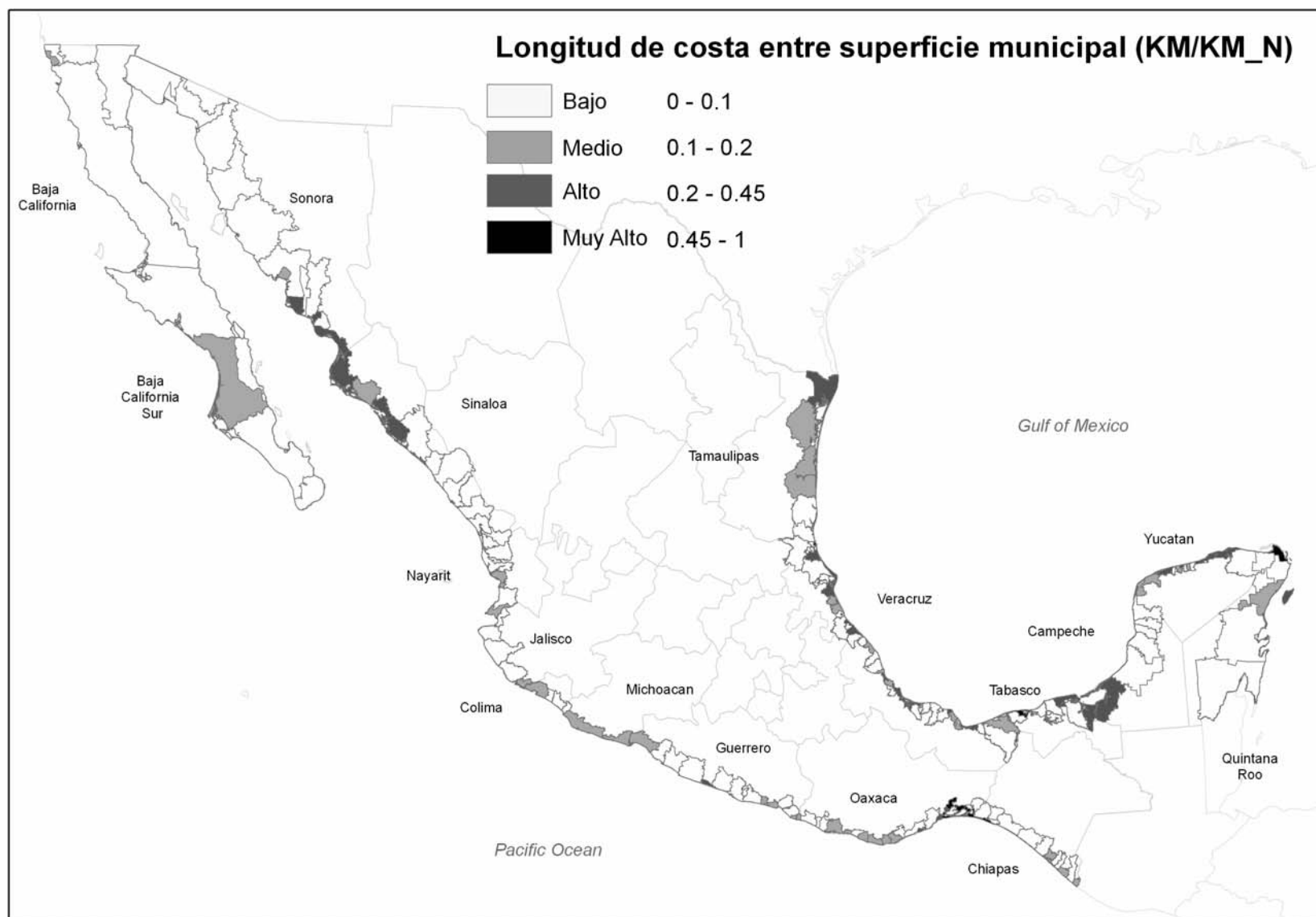


Figura III-3. Subíndice municipal de longitud de costa entre superficie municipal: CLMAI.

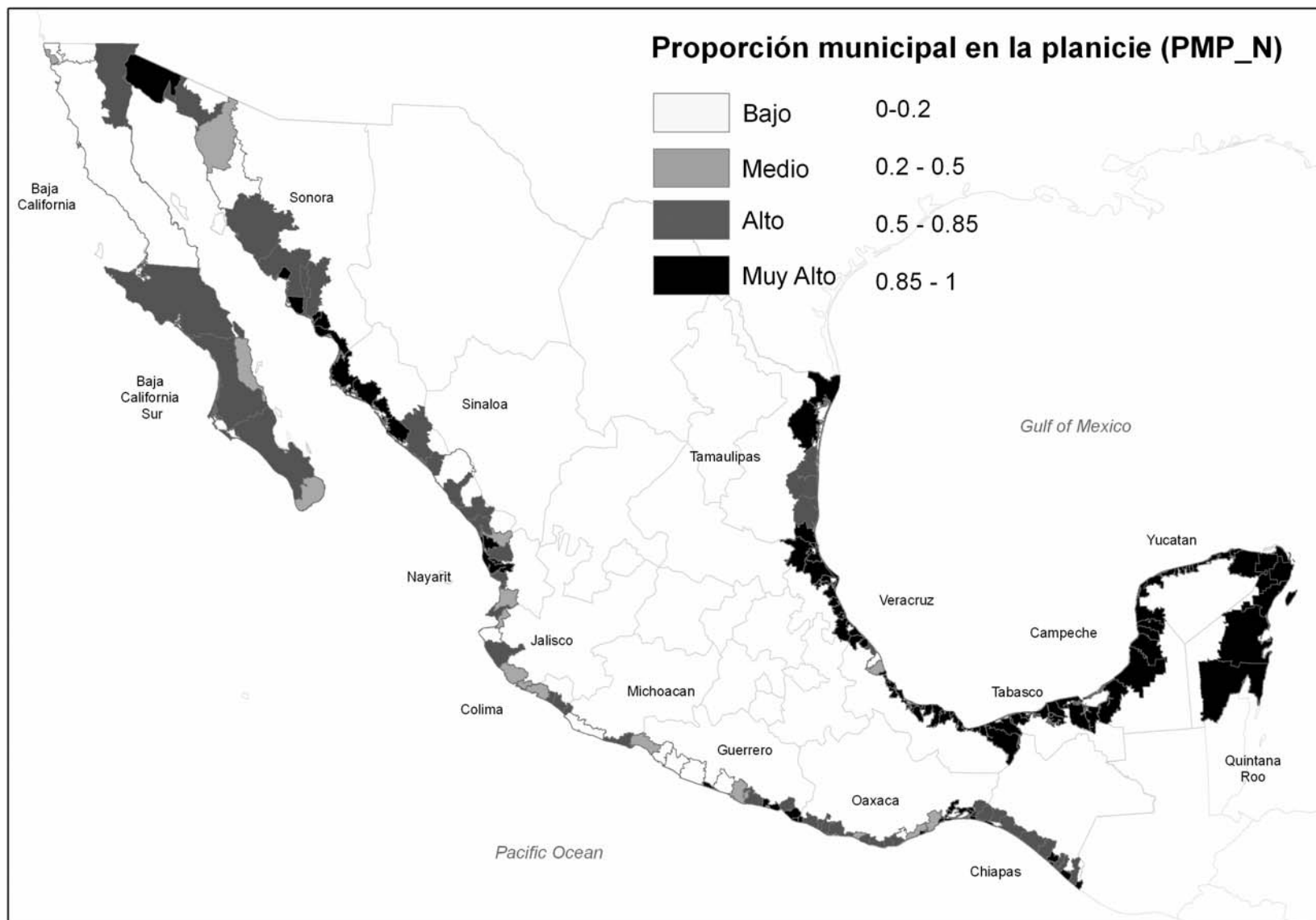


Figura III-4. Subíndice municipal de proporción del municipio en la planicie PMCPi.

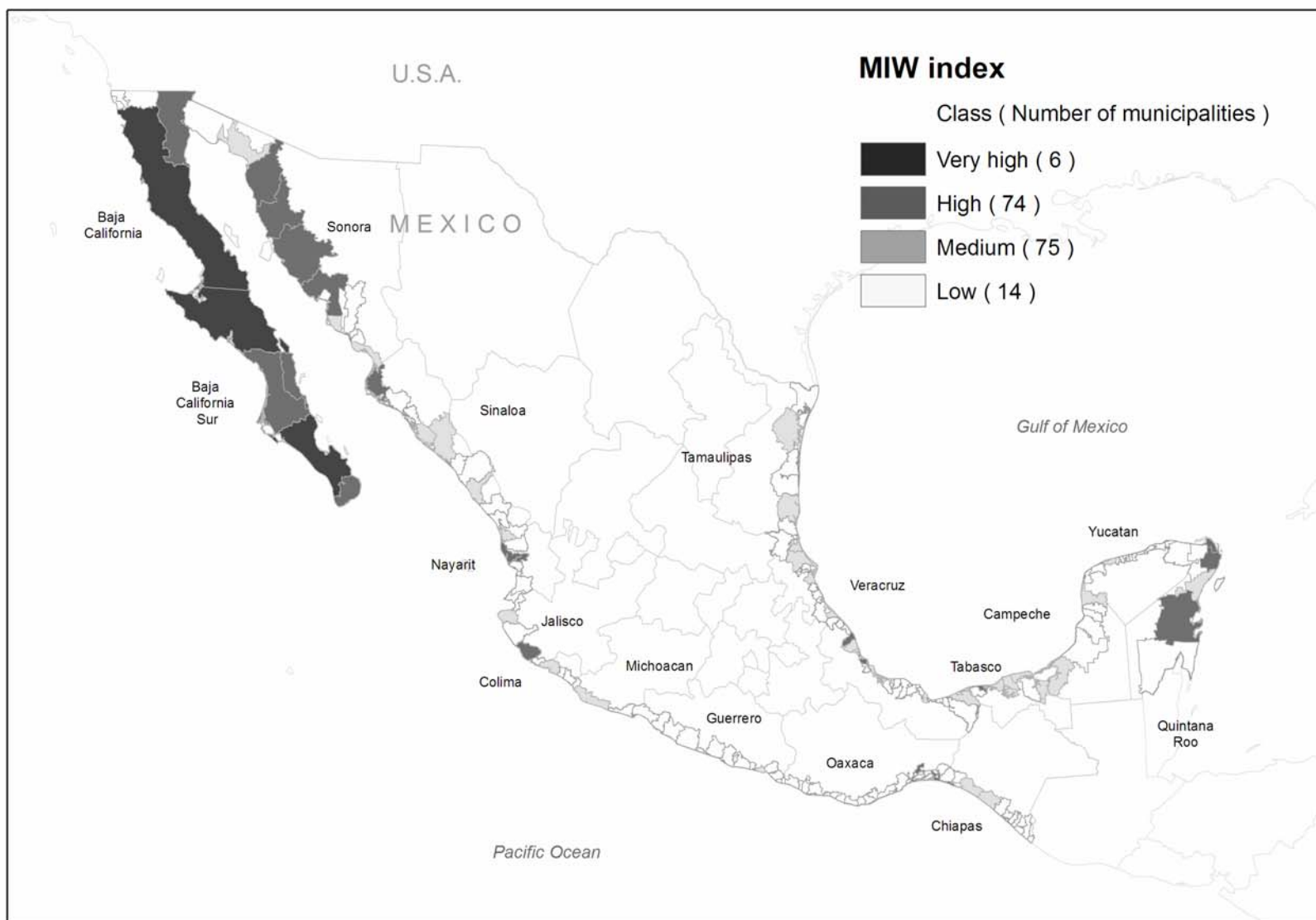


Figura III-5. Subíndice municipal de número de aguas marinas interiores: MIWI.

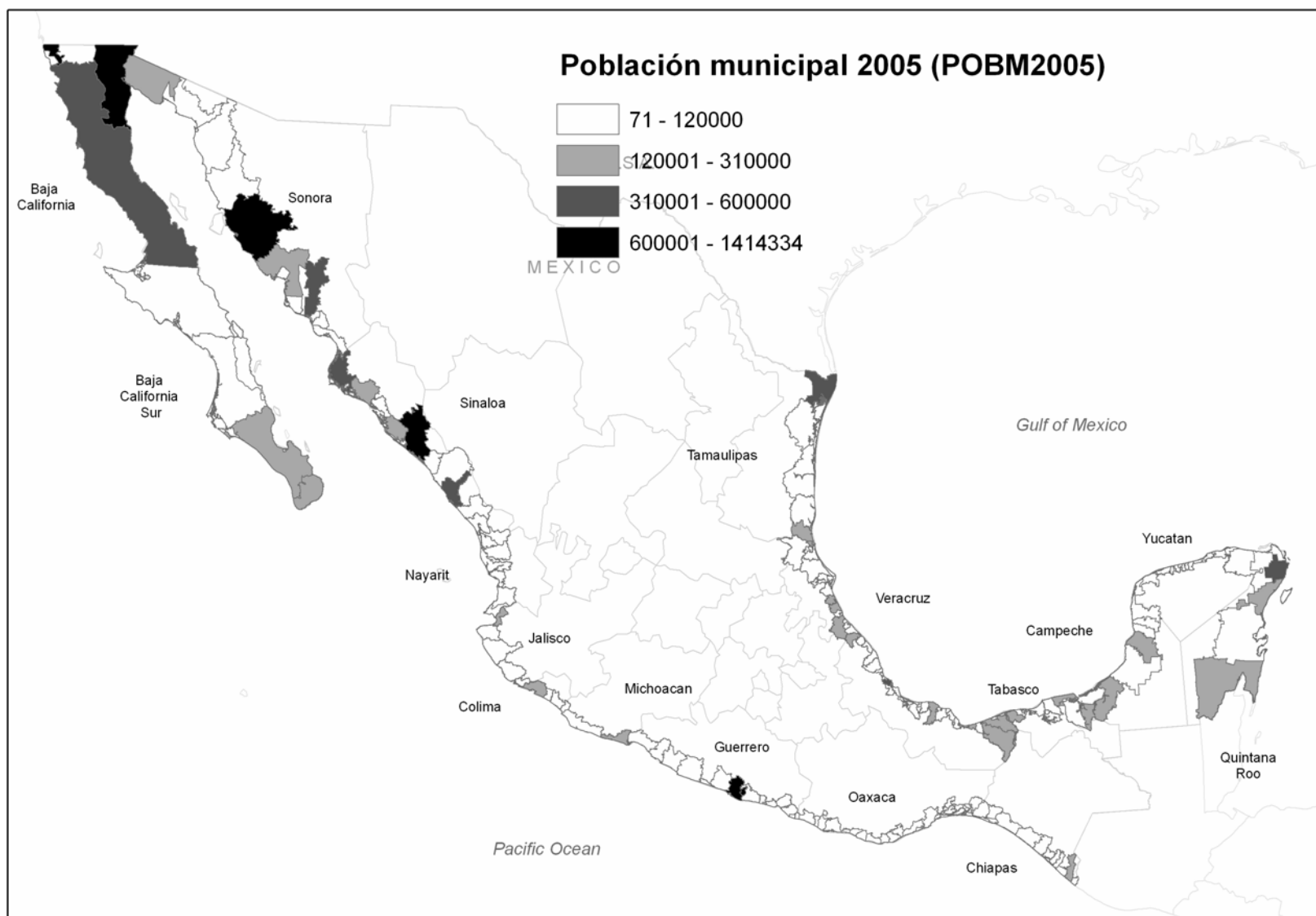


Figura III-6. Indicador de población municipal para el año 2005: PM.

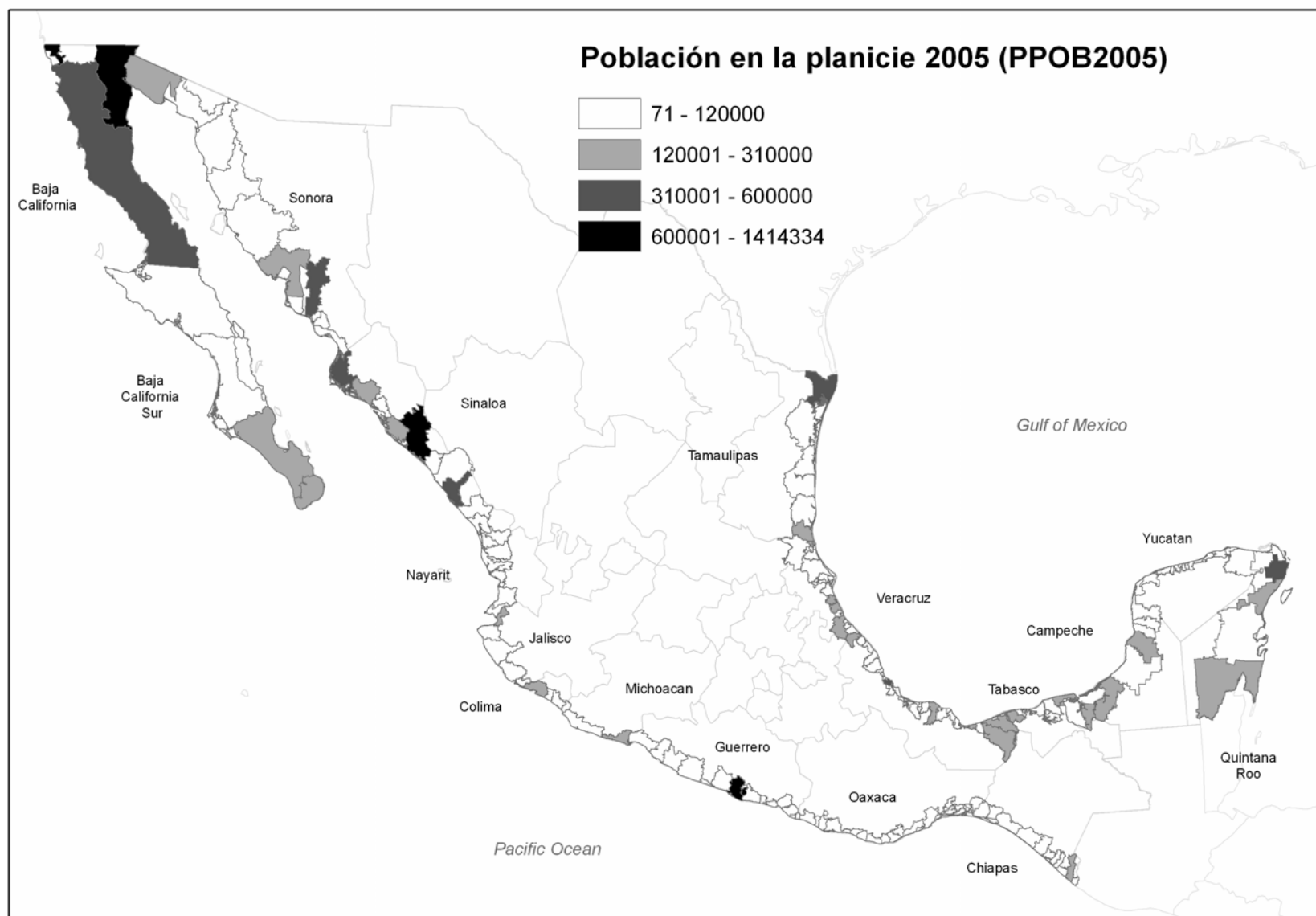


Figura III-7. Indicador municipal de población en la planicie costera para el año 2005: PP.

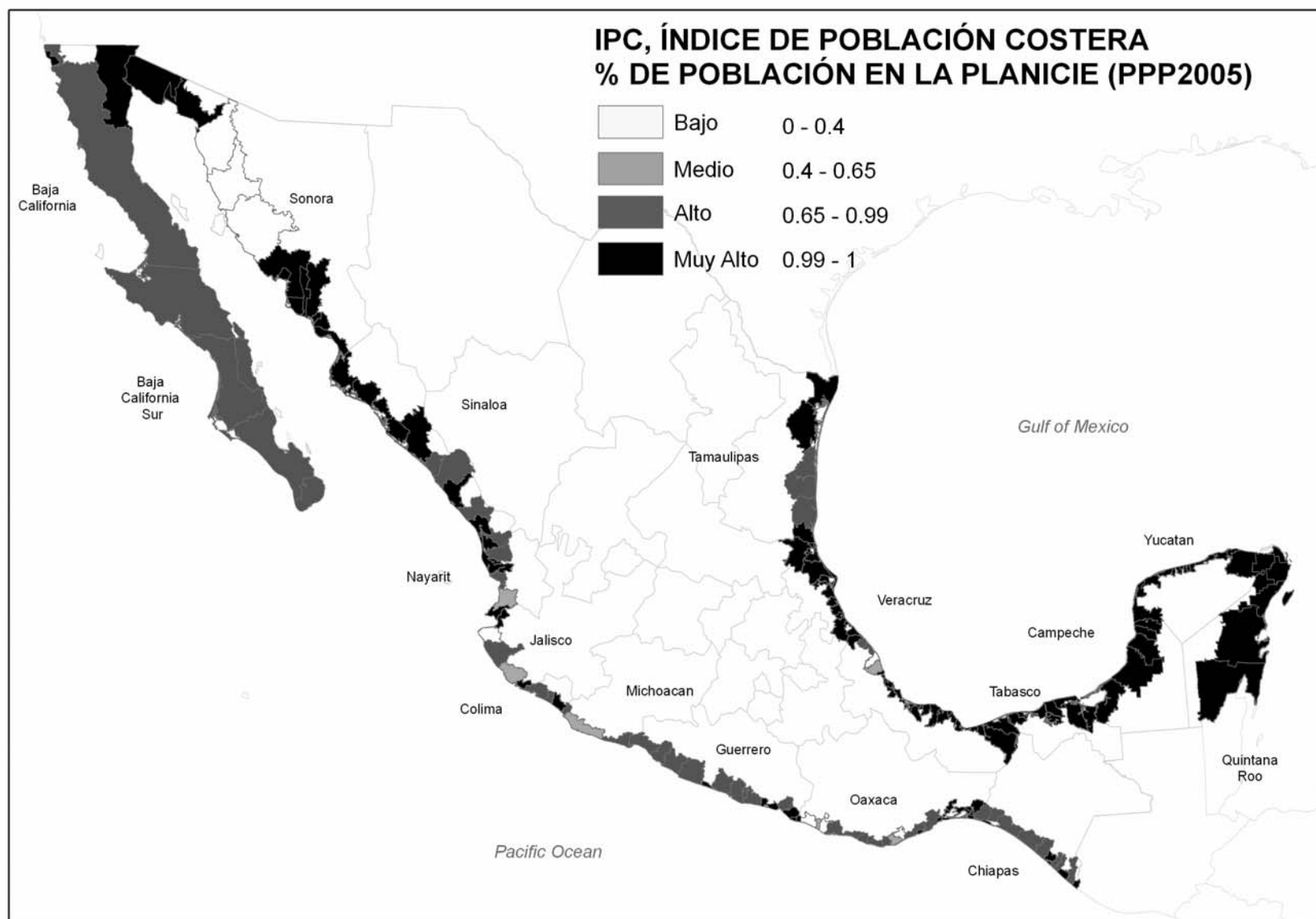


Figura III-8. Subíndice municipal de población costera: $CPI = PP / PM$.

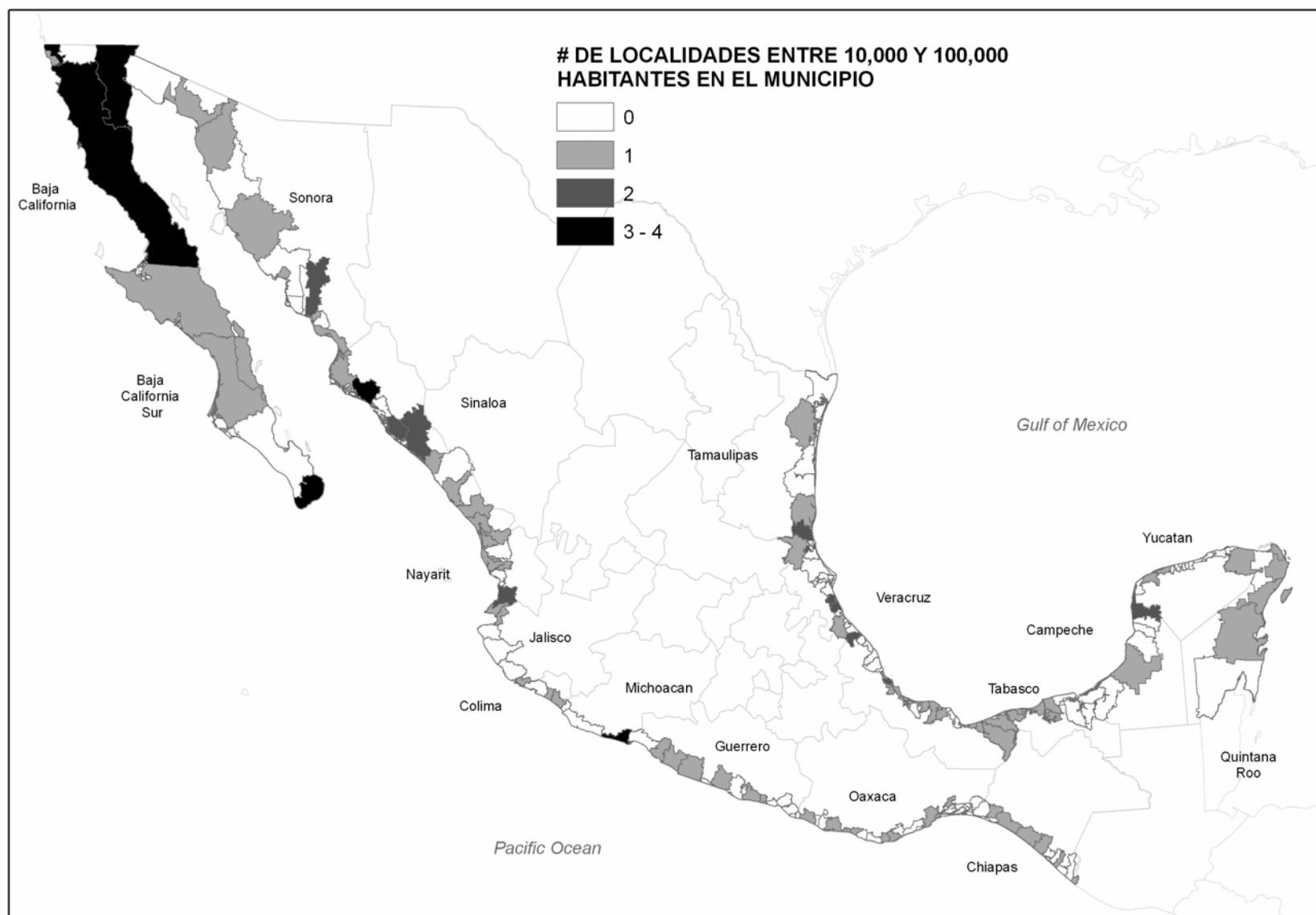


Figura III-9. Indicador municipal de número de localidades entre 10,000 y 100,000 habitantes en el municipio (2005).

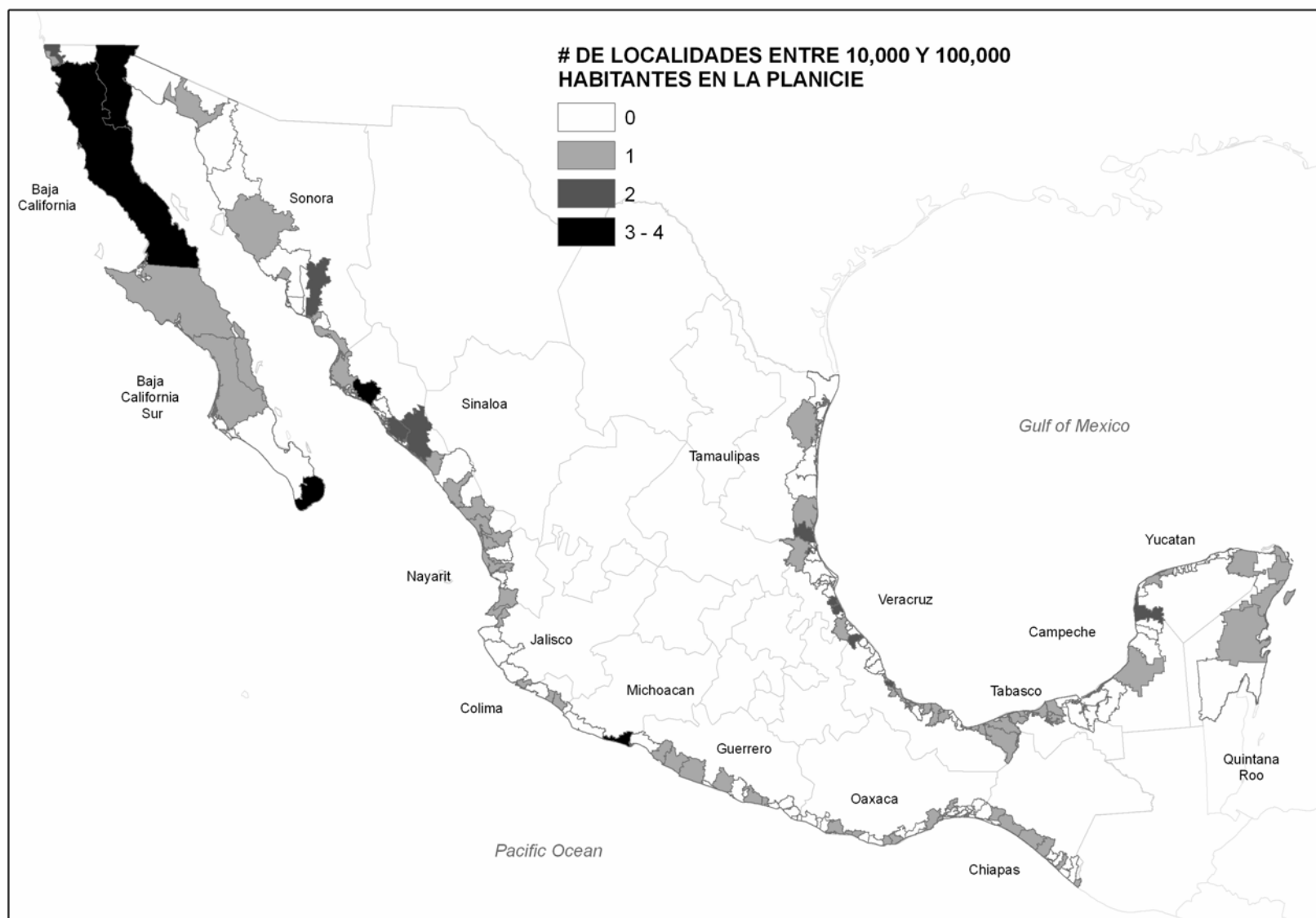


Figura III-10. Indicador municipal de número de localidades entre 10,000 y 100,000 habitantes en la planicie (2005).

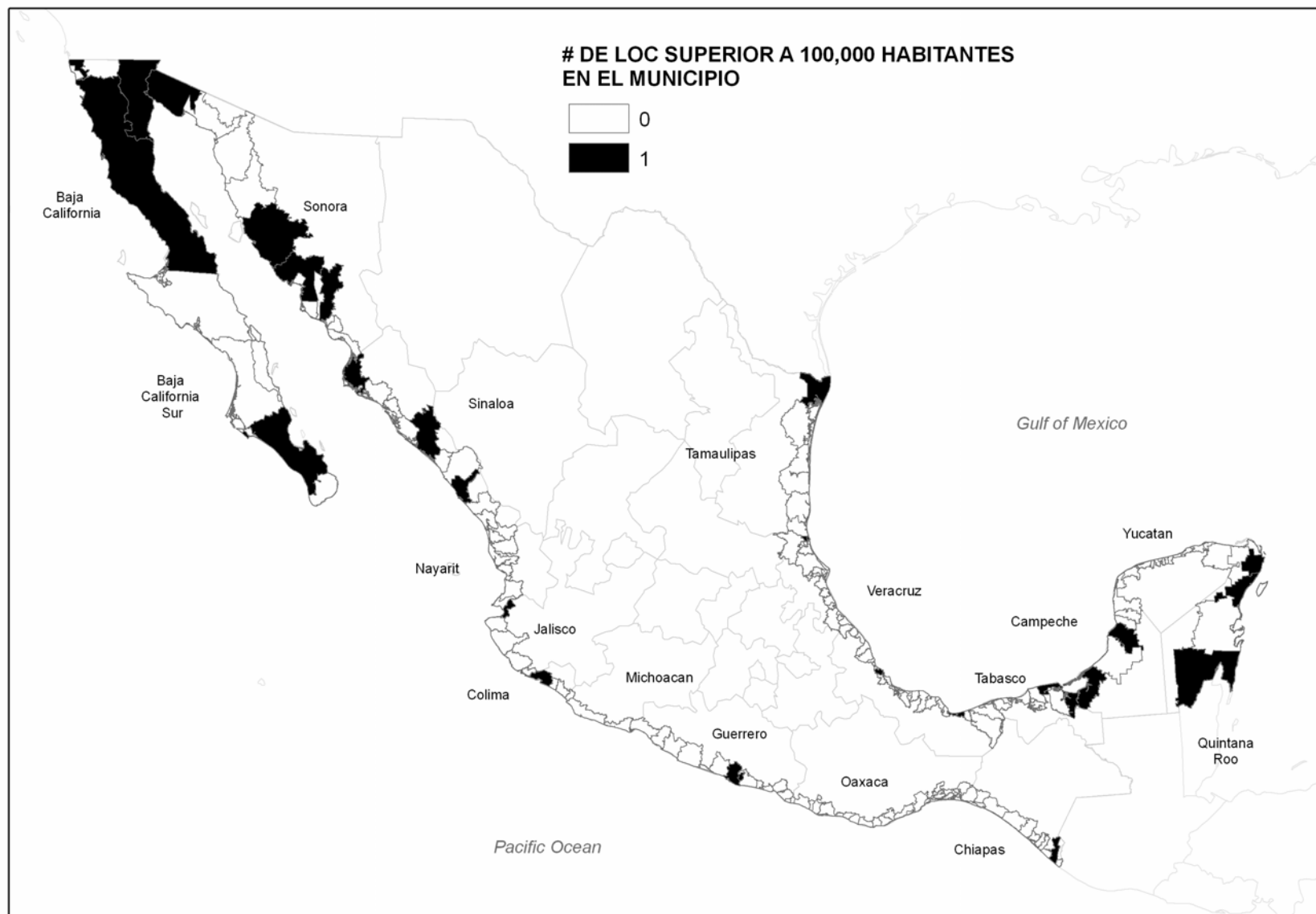


Figura III-11. Indicador municipal de número de localidades superior a 100,000 habitantes (2005).

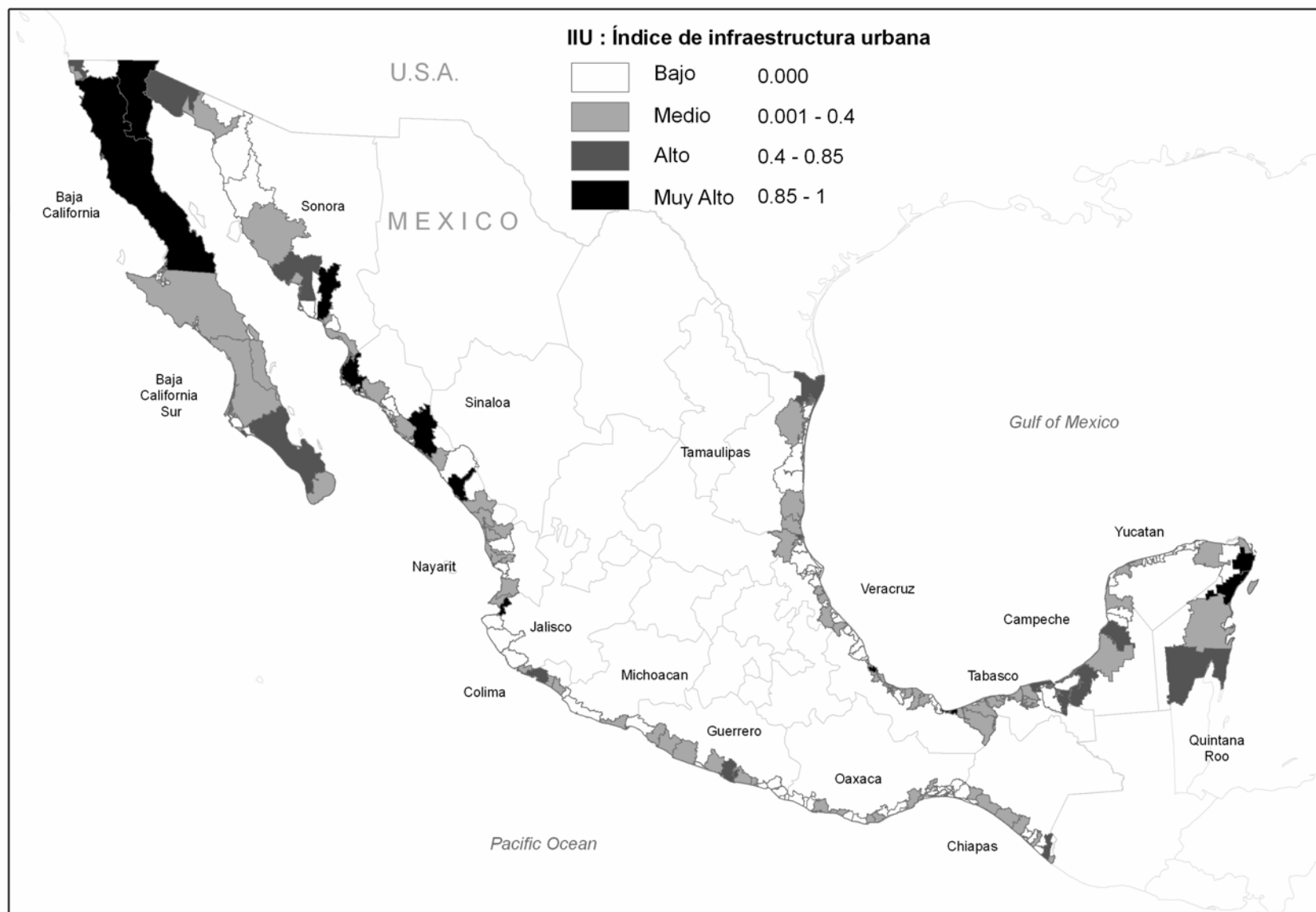


Figura III-12. Subíndice municipal de infraestructura urbana: UUI.

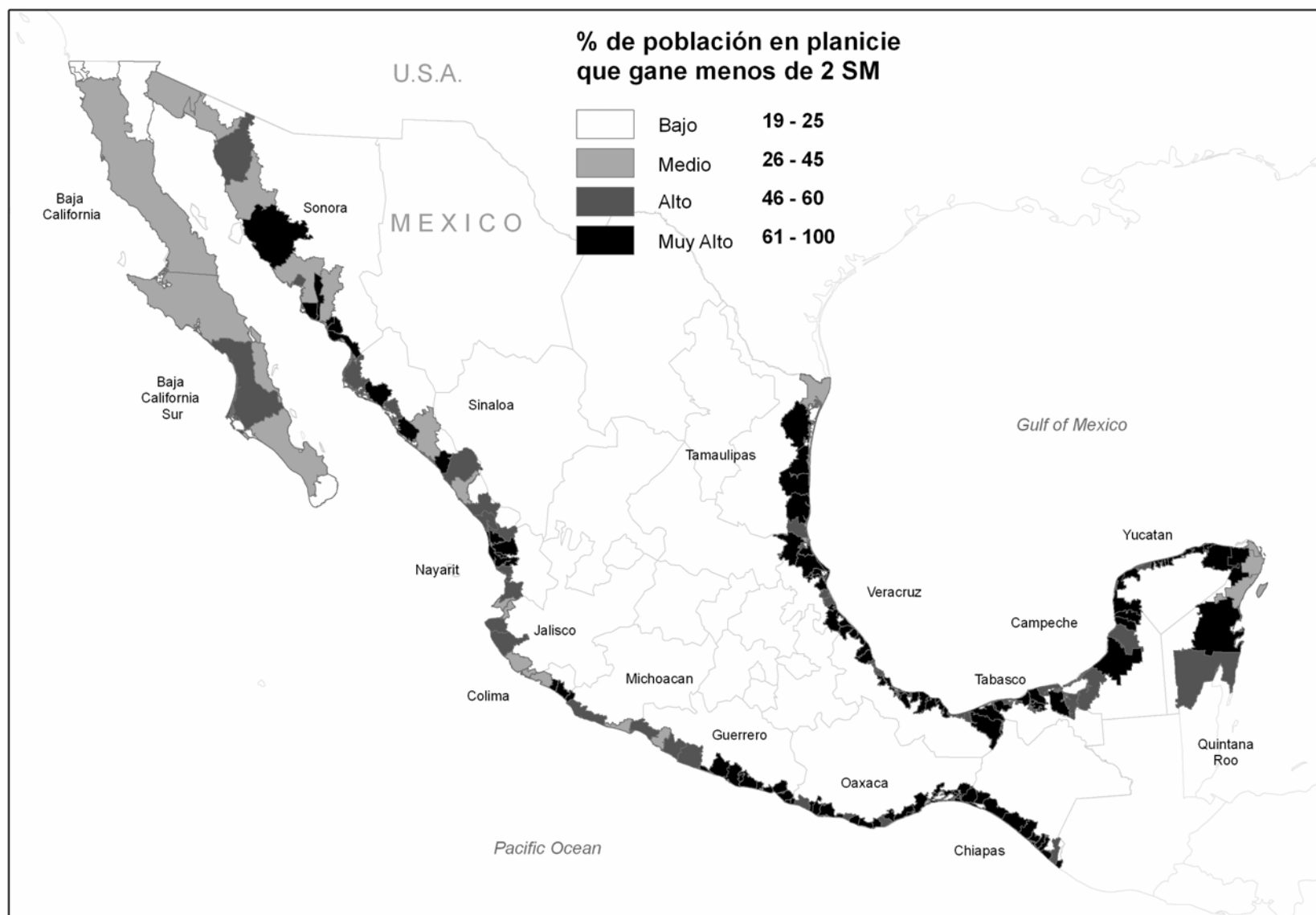


Figura III-13. Indicador municipal de porcentaje de la población de la planicie que gane menos de 2 salarios mínimos: (2000) P2MS.

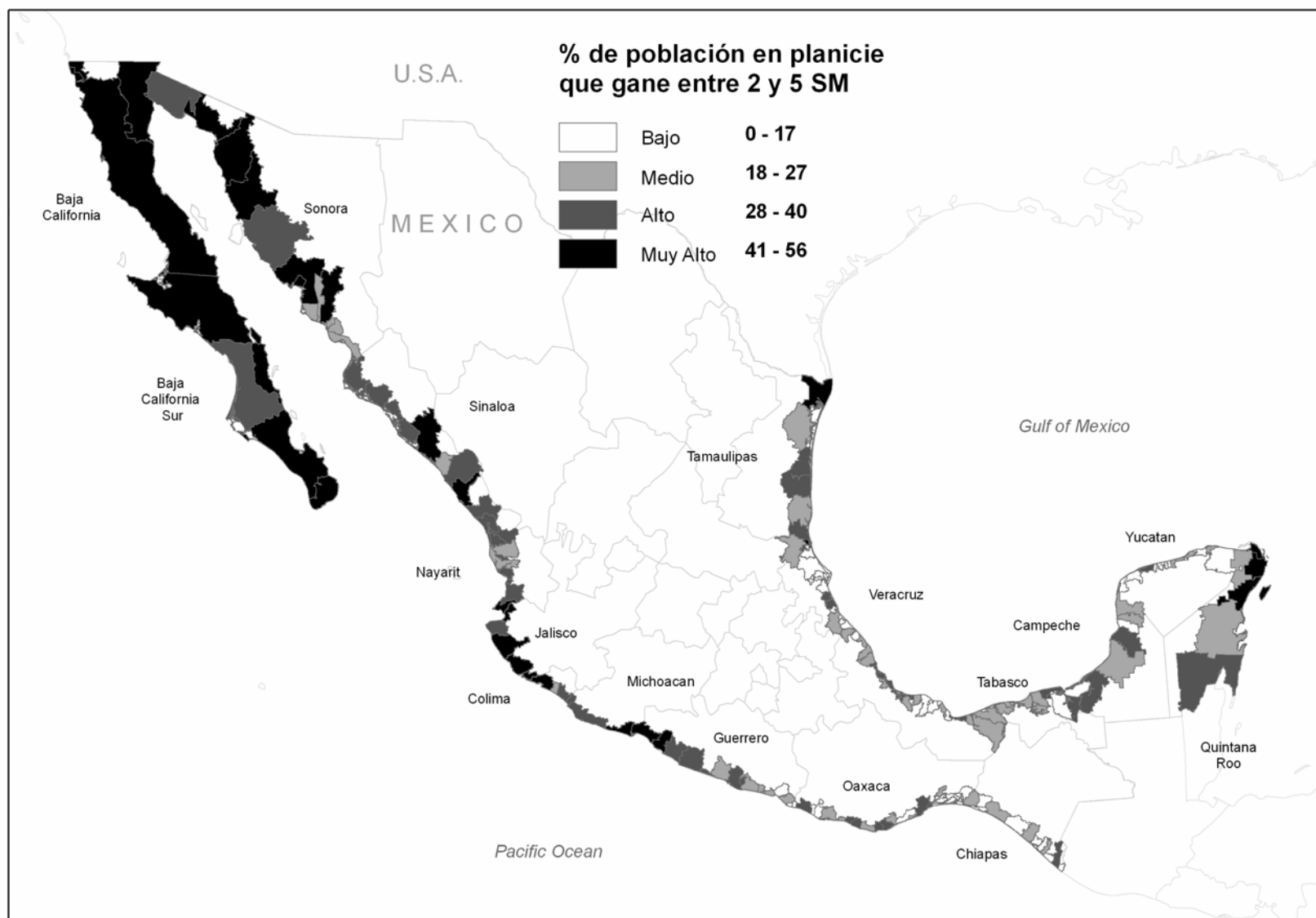


Figura III-14. Indicador municipal de porcentaje de la población de la planicie que gane más de 2 y hasta 5 salarios mínimos (2000): P2T5MS.

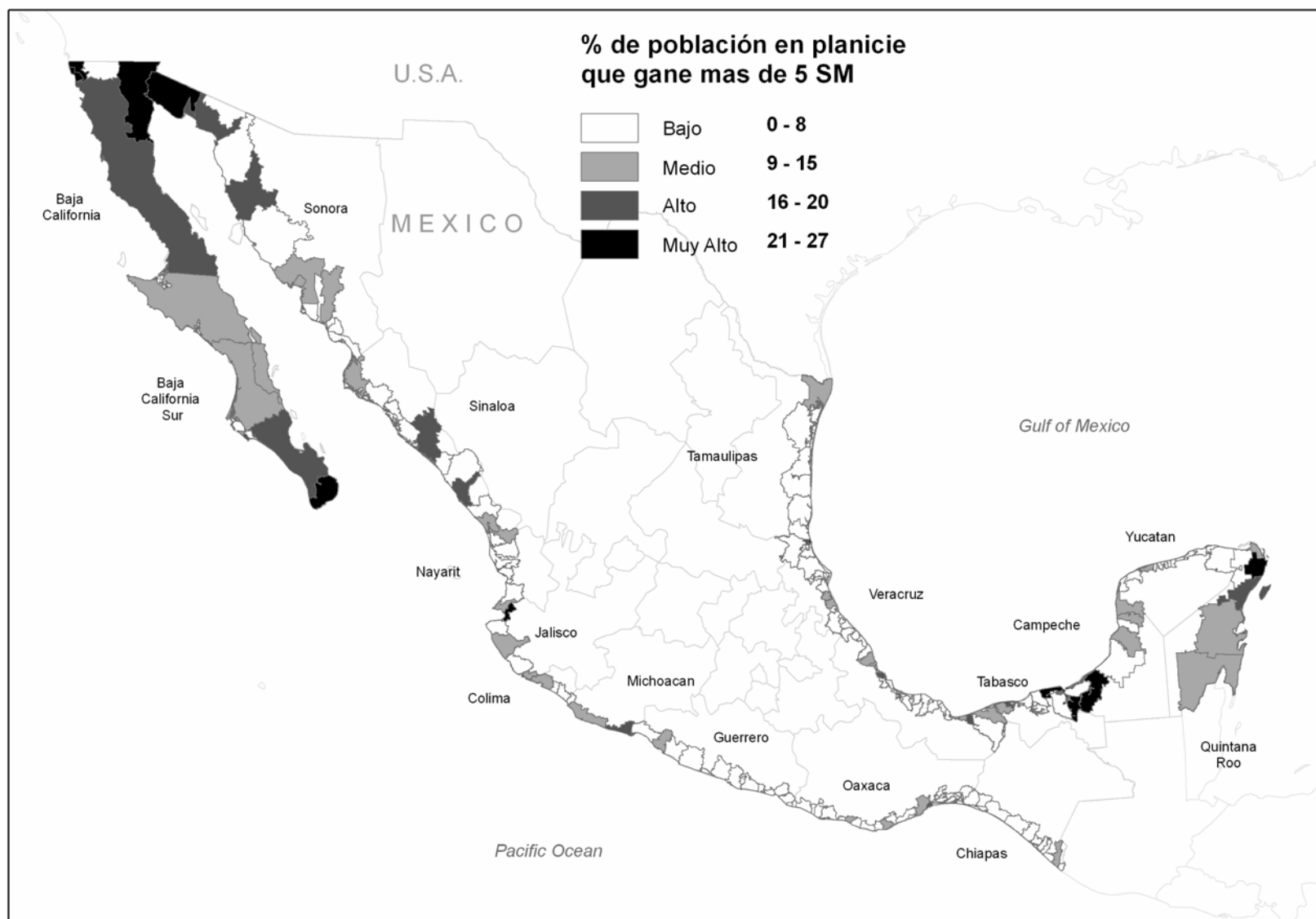


Figura III-15. Indicador municipal de porcentaje de la población de la planicie que gane más de 5 salarios mínimos (2000): P5MS.

Anexo IV - Anexo del Artículo 4

Anexo IV – Artículo 4

Artículo 4: Sustentabilidad municipal

Modelo: Modelo de sustentabilidad = Estado + Presión + Desempeño

Unidades geográficas: Municipios

Contenido:

- Tabla IV-1. Tabla de indicadores del artículo 4.
- Diagrama IV-1. Agregación de la información para el índice de sustentabilidad.
- Tabla IV-2. Resultados del modelo de sustentabilidad, ordenados por IS creciente.
- Figura IV-1. Índice de estado.
- Figura IV-2. Índice de desempeño.
- Figura IV-3. Índice de presión.

Indicadores:	Unidades	Fuente	Fecha(s)	Unidad(es) de evaluación perpendicular	Unidad(es) de evaluación paralela	Periodicidad de disponibilidad
Área natural	Kilómetros cuadrados	Inventario Nacional Forestal	2000	Municipio	Municipio	10 años
Área municipal	Kilómetros cuadrados	Información vectorial INEGI topográfica 1:250,000	2000	Municipio	Municipio	5 años
Numero de localidades	Sin unidades	Censo de población, INEGI	2000	Municipio	Municipio	5 años
Población municipal	Número de habitantes	Censo de población, INEGI	2000	Municipio	Municipio	5 años
Índice de marginación municipal	Sin unidades	CONAPO	2000	Municipio	Municipio	5 años
Proporción de suelo del municipio con uso agrícola	% de la superficie municipal	Inventario Nacional Forestal	2000	Municipio	Municipio	10 años
Proporción de suelo del municipio con uso urbano	% de la superficie municipal	Inventario Nacional Forestal	2000	Municipio	Municipio	10 años

Tabla IV-1. Tabla de indicadores del artículo 4.

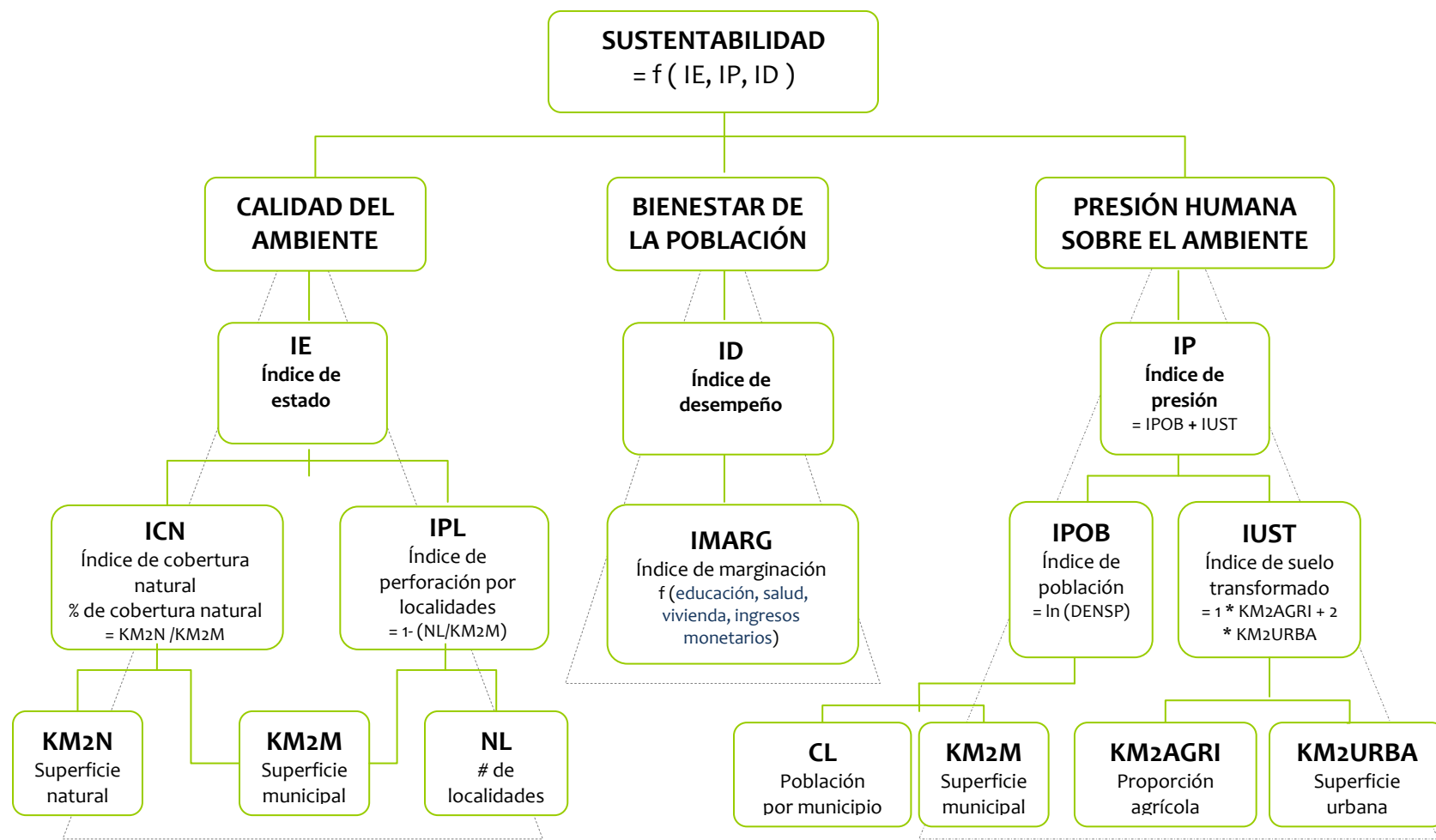


Diagrama IV-1. Agregación de la información para el índice de sustentabilidad.

Municipio, Estado	Situación	KM2N	KM2M	ICN	NL	IPL	Estado	IMARG	Desempeño	CL	IPOB	KM2AGRI	KM2URBA	IUST	Presión	Sutentabilidad
Unidades		km2	km2	-	#	-	-	-	-	#	-	km2	km2	-	-	-
Mecayapan, Veracruz	1	16	95	0.16	38	0.65	0.20	1.59	0.02	1,691	0.35	82.8	0.36	0.55	0.45	0.00
Ozuluama de Mascareñ, Veracruz	1	757	2,328	0.32	1,054	0.74	0.24	0.58	0.29	24,286	0.29	67.5	0.01	0.45	0.36	0.12
Tecolutla, Veracruz	1	60	529	0.11	257	0.79	0.09	0.58	0.29	25,732	0.47	88.1	0.46	0.59	0.53	0.13
Suchiate, Chiapas	1	37	232	0.16	142	1.00	0.00	0.29	0.37	29,358	0.59	81.7	2.13	0.57	0.58	0.15
Pajapan, Veracruz	1	17	299	0.05	47	0.25	0.36	1.36	0.08	14,071	0.47	93.5	0.65	0.63	0.55	0.17
Aguila, Michoacan	1	1,765	2,313	0.77	463	0.32	0.72	1.44	0.06	22,491	0.28	23.6	0.10	0.15	0.21	0.17
Pijijiapan, Chiapas	1	654	1,760	0.37	848	0.78	0.24	0.40	0.34	46,682	0.40	62.5	0.32	0.42	0.40	0.17
Cazones, Veracruz	1	2	252	0.00	81	0.52	0.18	0.83	0.22	23,336	0.55	99.1	0.26	0.66	0.60	0.18
Acapetahua, Chiapas	1	149	539	0.27	215	0.65	0.26	0.57	0.30	24,972	0.47	72.1	0.37	0.48	0.47	0.19
Mapastepec, Chiapas	1	478	1,218	0.39	570	0.76	0.26	0.26	0.38	39,311	0.43	60.3	0.46	0.40	0.41	0.21
Tantima, Veracruz	1	24	319	0.07	141	0.72	0.11	0.13	0.42	13,455	0.46	91.3	1.25	0.62	0.54	0.21
Mazatlán, Chiapas	1	114	376	0.30	128	0.55	0.33	0.72	0.26	22,547	0.50	68.7	1.07	0.47	0.48	0.21
Tatahuicapan de Juárez, Veracruz	1	74	297	0.25	47	0.25	0.46	1.19	0.13	12,685	0.46	74.8	0.31	0.50	0.47	0.21
Santa María Tonameca, Oaxaca	1	324	536	0.61	100	0.30	0.64	1.37	0.08	21,581	0.45	39.6	0.03	0.26	0.35	0.21
Villa Comaltitlán, Chiapas	1	180	463	0.39	155	0.54	0.38	0.74	0.25	27,830	0.50	60.8	0.33	0.41	0.45	0.22
Engel R. Cabada, Veracruz	1	13	434	0.02	199	0.75	0.07	0.08	0.43	32,033	0.52	96.4	0.63	0.65	0.58	0.22
Santo Domingo Armenta, Oaxaca	1	56	148	0.38	8	0.08	0.63	1.32	0.09	3,475	0.39	61.8	0.41	0.41	0.39	0.24
Santiago Tapextla, Oaxaca	2	91	113	0.82	7	0.09	0.87	1.65	0.00	3,106	0.41	18.1	1.02	0.13	0.26	0.24
Tamiahua, Veracruz	2	220	794	0.28	205	0.42	0.39	0.57	0.30	26,186	0.43	72.1	0.19	0.48	0.45	0.25
Cuajinicuilapa, Guerrero	2	134	658	0.20	123	0.30	0.41	0.76	0.24	24,885	0.44	78.6	1.02	0.53	0.48	0.25
Nautla, Veracruz	2	26	348	0.07	116	0.54	0.21	0.08	0.43	9,949	0.41	92.4	0.14	0.62	0.51	0.25
San Mateo del Mar, Oaxaca	2	50	98	0.51	9	0.14	0.67	1.57	0.02	10,657	0.57	44.7	4.27	0.35	0.45	0.26
Tamalín, Veracruz	2	187	368	0.51	87	0.38	0.54	0.58	0.29	5,696	0.34	49.4	0.01	0.32	0.32	0.26
Tampico Alto, Veracruz	2	335	836	0.40	248	0.48	0.42	0.28	0.38	12,478	0.33	59.8	0.08	0.40	0.36	0.26
San Miguel del Puerto, Oaxaca	2	477	509	0.95	68	0.21	0.87	1.21	0.12	8,564	0.35	6.1	0.11	0.03	0.18	0.27
Catemaco, Veracruz	2	203	658	0.31	288	0.71	0.24	-0.01	0.45	45,375	0.52	68.3	0.79	0.46	0.48	0.27
Papantla, Veracruz	2	48	1,479	0.03	426	0.47	0.22	0.29	0.37	171,568	0.58	96.0	0.72	0.65	0.61	0.29
San Marcos, Guerrero	2	594	1,184	0.50	143	0.19	0.64	0.93	0.20	51,948	0.46	49.5	0.37	0.33	0.39	0.30
Vega de Alatorre, Veracruz	2	71	338	0.21	164	0.79	0.14	-0.48	0.58	18,801	0.49	78.4	0.57	0.53	0.50	0.30
Florencio Villarreal, Guerrero	2	73	260	0.28	57	0.35	0.43	0.50	0.31	19,467	0.53	70.6	1.22	0.48	0.50	0.31

Tabla IV-2. Resultados del modelo de sustentabilidad, ordenados por IS creciente.

Municipio, Estado	Situación	KM2N	KM2M	ICN	NL	IPL	Estado	IMARG	Desempeño	CL	IPOB	KM2AGRI	KM2URBA	IUST	Presión	Sutentabilidad
Unidades		km2	km2	-	#	-	-	-	-	#	-	km2	km2	-	-	-
Azoyú, Guerrero	2	485	860	0.57	120	0.22	0.66	0.79	0.24	33,176	0.45	43.0	0.58	0.29	0.36	0.31
Tonalá, Chiapas	2	730	1,674	0.44	656	0.64	0.36	-0.15	0.49	78,543	0.47	55.8	0.60	0.37	0.42	0.32
San Andrés Tuxtla, Veracruz	2	144	955	0.15	239	0.40	0.32	0.35	0.36	142,279	0.61	84.0	0.89	0.57	0.58	0.32
Tlacotalpan, Veracruz	2	62	574	0.10	157	0.44	0.28	-0.19	0.50	14,680	0.40	89.1	0.16	0.59	0.49	0.32
Huixtla, Chiapas	2	234	438	0.54	215	0.80	0.32	-0.23	0.51	50,487	0.58	45.6	1.01	0.31	0.44	0.32
Medellín, Veracruz	2	15	352	0.04	145	0.67	0.12	-0.36	0.55	35,171	0.56	91.1	4.54	0.67	0.61	0.33
Martínez de la Torre, Veracruz	2	14	688	0.01	319	0.75	0.06	-0.47	0.58	119,184	0.63	96.0	1.99	0.67	0.64	0.33
San Francisco del Mar, Oaxaca	2	341	513	0.67	50	0.15	0.75	0.61	0.28	5,700	0.30	33.3	0.24	0.22	0.25	0.33
Santa María Huazolotitlán, Oax.	2	111	243	0.46	14	0.09	0.67	0.87	0.21	10,118	0.46	53.6	0.61	0.36	0.40	0.33
San Dionisio del Mar, Oaxaca	2	124	227	0.55	5	0.03	0.76	0.91	0.20	4,931	0.38	44.7	0.62	0.30	0.33	0.33
Santa María Xadani, Oaxaca	3	26	84	0.31	16	0.31	0.47	0.35	0.36	5,700	0.51	67.4	1.48	0.47	0.48	0.34
Villa de Tututepec de M. O., Oax.	3	675	1,186	0.57	136	0.18	0.68	0.66	0.27	42,867	0.44	42.4	0.64	0.29	0.35	0.34
San Pedro Pochutla, Oaxaca	3	353	400	0.89	121	0.49	0.69	0.43	0.33	35,038	0.55	10.9	0.86	0.08	0.30	0.35
Copala, Guerrero	3	160	309	0.52	50	0.26	0.61	0.46	0.33	13,481	0.46	46.7	1.63	0.33	0.39	0.35
Alto Lucero de Gutiérrez Bar, Ver.	3	142	646	0.22	154	0.38	0.37	-0.09	0.48	27,291	0.46	78.0	0.07	0.52	0.48	0.35
Arriaga, Chiapas	3	349	791	0.44	318	0.65	0.35	-0.42	0.57	37,995	0.47	55.1	0.90	0.37	0.42	0.35
San Felipe, Yucatan	3	154	445	0.34	95	0.34	0.47	-0.42	0.57	1,839	0.18	65.4	0.09	0.43	0.30	0.35
La Unión de Isidoro Montes, Guer.	3	1,249	1,832	0.69	172	0.15	0.77	0.49	0.32	27,918	0.34	31.6	0.24	0.21	0.26	0.36
Pánuco, Veracruz	3	566	3,144	0.18	687	0.35	0.37	-0.18	0.50	90,657	0.41	78.8	3.18	0.57	0.48	0.37
Actopan, Veracruz	3	168	852	0.19	228	0.43	0.33	-0.31	0.54	39,259	0.47	80.0	0.29	0.53	0.50	0.37
Tapachula, Chiapas	3	394	964	0.41	501	0.85	0.22	-0.55	0.60	271,296	0.68	56.7	2.49	0.41	0.54	0.37
Tizimín, Yucatan	3	1,509	3,737	0.40	587	0.25	0.55	0.01	0.45	64,125	0.35	59.2	0.44	0.40	0.37	0.37
Túxpam, Veracruz	3	94	921	0.10	431	0.76	0.10	-0.80	0.67	126,032	0.60	87.4	2.36	0.61	0.60	0.37
Etchojoa, Sonora	3	69	926	0.07	227	0.40	0.29	-0.29	0.53	56,938	0.50	91.0	1.54	0.63	0.56	0.38
Tecmán, Colima	3	255	786	0.32	406	0.84	0.18	-0.84	0.68	99,274	0.59	65.5	2.14	0.46	0.52	0.38
Cabo Corrientes, Jalisco	3	1,379	1,553	0.90	134	0.13	0.89	0.34	0.36	9,284	0.22	11.2	0.10	0.07	0.14	0.38
San Pedro Tapanatepe, Oaxaca	3	656	1,066	0.62	182	0.27	0.66	0.11	0.42	23,189	0.38	37.9	0.57	0.25	0.31	0.38
Palizada, Campeche	3	1,596	2,132	0.76	181	0.13	0.81	0.12	0.42	8,353	0.17	25.1	0.02	0.16	0.16	0.39
Aldama, Tamaulipas	3	1,097	3,666	0.30	533	0.23	0.50	-0.32	0.54	28,028	0.25	70.0	0.13	0.46	0.35	0.39
San Pedro Huamelula, Oaxaca	3	699	808	0.87	25	0.04	0.93	0.61	0.28	9,862	0.31	13.5	0.06	0.08	0.19	0.39

Tabla IV-2. Resultados del modelo de sustentabilidad, ordenados por IS creciente (continuación).

Municipio, Estado	Situación	KM2N	KM2M	ICN	NL	IPL	Estado	IMARG	Desempeño	CL	IPOB	KM2AGRI	KM2URBA	IUST	Presión	Sutentabilidad
Unidades		km2	km2	-	#	-	-	-	-	#	-	km2	km2	-	-	-
Huimanguillo, Tabasco	3	1,261	3,684	0.34	346	0.15	0.57	0.24	0.39	159,412	0.46	65.4	0.40	0.44	0.44	0.39
Santa María Colotepec, Oaxaca	3	284	430	0.67	70	0.26	0.69	0.26	0.38	18,163	0.46	33.2	0.72	0.22	0.33	0.39
Santiago Jamiltepec, Oaxaca	3	466	671	0.70	34	0.08	0.81	0.50	0.32	17,843	0.40	30.2	0.40	0.20	0.29	0.40
Técpan de Galeana, Guerrero	3	1,745	2,783	0.63	423	0.24	0.68	0.03	0.44	60,088	0.38	37.1	0.17	0.24	0.30	0.41
Alvarado, Veracruz	3	277	703	0.39	263	0.61	0.35	-0.64	0.63	49,489	0.52	60.1	0.51	0.40	0.45	0.41
Felipe Carrillo Puerto, Q. Roo	3	11,718	13,250	0.89	217	0.02	0.95	0.33	0.36	60,382	0.19	11.4	0.20	0.07	0.12	0.41
Petatlán, Guerrero	3	1,133	1,983	0.58	315	0.25	0.65	-0.06	0.47	46,559	0.39	42.6	0.27	0.28	0.33	0.41
Coyuca de Benítez, Guerrero	3	1,360	1,839	0.75	171	0.14	0.80	0.40	0.34	69,291	0.44	25.9	0.16	0.17	0.30	0.41
Benito Juárez, Sonora	3	25	347	0.07	112	0.52	0.21	-0.79	0.67	21,860	0.51	91.2	1.72	0.63	0.56	0.41
San Francisco Ixhuat, Oaxaca	3	55	186	0.30	23	0.20	0.52	-0.02	0.46	9,320	0.48	68.8	1.29	0.47	0.47	0.42
Soto la Marina, Tamaulipas	3	3,153	6,341	0.50	564	0.14	0.67	-0.35	0.55	24,422	0.17	50.2	0.07	0.33	0.24	0.42
Santiago Pinotepa Nacional, Oax.	3	457	796	0.58	92	0.18	0.69	0.21	0.39	44,060	0.49	41.4	1.22	0.29	0.38	0.42
Elota, Sinaloa	3	729	1,617	0.45	144	0.14	0.64	0.03	0.44	49,469	0.42	54.4	0.51	0.36	0.38	0.43
Yobaín, Yucatan	3	84	134	0.63	10	0.11	0.75	0.02	0.45	2,067	0.34	36.9	0.91	0.25	0.29	0.44
Lázaro Cárdenas, Quintana Roo	3	2,702	3,268	0.84	83	0.03	0.91	0.11	0.42	19,175	0.22	17.2	0.16	0.11	0.16	0.44
Dzemul, Yucatan	3	97	177	0.55	12	0.10	0.71	-0.02	0.46	3,150	0.35	44.2	1.14	0.30	0.32	0.44
Sinanché, Yucatan	3	66	135	0.49	6	0.07	0.70	0.04	0.44	3,039	0.38	49.8	1.57	0.35	0.36	0.44
San Ignacio, Sinaloa	3	4,433	5,080	0.88	292	0.09	0.91	-0.04	0.46	26,294	0.21	12.7	0.03	0.08	0.13	0.45
Río Lagartos, Yucatan	3	158	332	0.48	36	0.17	0.64	-0.43	0.57	3,065	0.28	52.3	0.07	0.34	0.30	0.45
Santiago Astata, Oaxaca	3	86	115	0.74	6	0.08	0.84	0.17	0.40	2,577	0.38	25.3	1.03	0.18	0.27	0.45
Tenabo, Campeche	3	860	1,091	0.80	29	0.04	0.89	0.04	0.44	8,250	0.25	21.0	0.22	0.14	0.18	0.45
Santo Domingo Zanate, Oaxaca	3	494	655	0.76	43	0.10	0.83	0.05	0.44	10,566	0.34	23.9	0.75	0.16	0.24	0.45
Benito Juárez, Guerrero	3	90	237	0.38	49	0.33	0.49	-0.46	0.58	15,536	0.51	61.3	0.79	0.42	0.46	0.46
Tomatlán, Jalisco	3	1,886	2,991	0.64	195	0.10	0.76	-0.19	0.50	34,326	0.30	36.6	0.37	0.24	0.26	0.46
San Ignacio Río Muerto, Sonora	3	787	1,259	0.63	160	0.20	0.70	-0.47	0.58	14,084	0.30	37.3	0.24	0.25	0.26	0.47
Coahuayana, Michoacan	3	165	367	0.45	60	0.26	0.57	-0.45	0.57	13,844	0.44	53.6	1.29	0.37	0.40	0.47
Champotón, Campeche	3	5,149	6,855	0.76	324	0.07	0.85	-0.14	0.49	70,554	0.29	24.6	0.30	0.16	0.22	0.47
Comalcalco, Tabasco	3	164	776	0.21	122	0.25	0.44	-0.31	0.54	165,613	0.65	77.8	1.04	0.53	0.59	0.48
San Fernando, Tamaulipas	3	2,144	5,891	0.36	487	0.13	0.60	-0.63	0.62	57,227	0.28	63.0	0.64	0.42	0.35	0.48
Lerdo de Tejada, Veracruz	3	10	84	0.12	34	0.66	0.17	-1.18	0.77	20,242	0.67	85.2	2.61	0.60	0.63	0.48

Tabla IV-2. Resultados del modelo de sustentabilidad, ordenados por IS creciente (continuación).

Municipio, Estado	Situación	KM2N	KM2M	ICN	NL	IPL	Estado	IMARG	Desempeño	CL	IPOB	KM2AGRI	KM2URBA	IUST	Presión	Sustentabilidad
Unidades		km2	km2	-	#	-	-	-	-	#	-	km2	km2	-	-	-
Centla, Tabasco	3	1,872	2,548	0.74	209	0.13	0.81	-0.07	0.47	88,022	0.43	26.2	0.31	0.17	0.29	0.48
Ixil, Yucatan	3	86	136	0.64	5	0.05	0.79	-0.15	0.49	3,220	0.39	35.8	0.79	0.24	0.31	0.49
Dzilam de Bravo, Yucatan	3	300	430	0.70	26	0.09	0.80	-0.51	0.59	2,416	0.22	30.3	0.12	0.20	0.20	0.49
Pueblo Viejo, Veracruz	3	100	213	0.47	85	0.65	0.37	-0.89	0.70	59,361	0.68	46.8	6.06	0.39	0.53	0.49
Navolato, Sinaloa	3	696	2,126	0.33	328	0.25	0.51	-0.57	0.61	145,056	0.52	66.1	1.17	0.45	0.48	0.49
San Pedro Mixtepec, Oax.	3	157	322	0.49	51	0.25	0.60	-0.38	0.56	31,767	0.56	49.8	1.35	0.34	0.45	0.50
Hunucmá, Yucatan	3	612	809	0.76	14	0.02	0.88	0.03	0.44	25,984	0.43	23.3	1.12	0.16	0.29	0.50
Guasave, Sinaloa	3	468	2,658	0.17	541	0.33	0.38	-0.82	0.67	277,330	0.57	79.6	2.77	0.57	0.56	0.51
San Pedro Huilotepec, Oaxaca	3	2	19	0.12	1	0.08	0.49	-0.21	0.51	2,588	0.60	76.7	10.84	0.65	0.62	0.51
Bácum, Sonora	3	1,164	1,577	0.74	197	0.20	0.77	-0.61	0.62	21,206	0.32	25.8	0.41	0.17	0.24	0.51
Calkiní, Campeche	3	1,772	2,259	0.79	54	0.03	0.89	-0.15	0.49	46,253	0.37	21.1	0.50	0.14	0.25	0.51
Juchitán de Zaragoza, Oaxaca	3	148	480	0.31	88	0.29	0.47	-0.63	0.62	78,537	0.62	67.2	2.03	0.47	0.54	0.52
Agua Dulce, Veracruz	3	60	366	0.16	79	0.35	0.36	-0.91	0.70	44,430	0.58	80.3	3.35	0.58	0.58	0.52
Hecelchakán, Campeche	3	963	1,271	0.77	23	0.02	0.88	-0.21	0.51	24,896	0.37	23.7	0.46	0.16	0.25	0.52
Telchac Puerto, Yucatan	3	31	67	0.46	2	0.04	0.70	-0.42	0.57	1,594	0.39	51.4	2.79	0.37	0.37	0.52
Celestún, Yucatan	3	549	587	0.94	18	0.04	0.97	-0.27	0.52	6,065	0.29	6.5	0.12	0.04	0.15	0.52
Cárdenas, Tabasco	3	424	1,854	0.23	164	0.14	0.52	-0.51	0.59	215,274	0.58	75.8	1.34	0.52	0.54	0.52
Huatabampo, Sonora	3	884	1,801	0.49	223	0.20	0.63	-0.65	0.63	76,367	0.46	49.6	1.30	0.34	0.39	0.53
Altamira, Tamaulipas	3	375	1,637	0.23	385	0.38	0.38	-1.10	0.75	127,673	0.53	75.6	1.49	0.52	0.52	0.53
Rosamorada, Nayarit	3	1,050	1,834	0.58	77	0.06	0.75	-0.52	0.59	34,683	0.36	42.6	0.16	0.28	0.31	0.53
San Blas, Nayarit	3	353	832	0.43	92	0.17	0.61	-0.67	0.63	39,954	0.47	56.4	1.16	0.39	0.42	0.53
Armería, Colima	3	241	408	0.59	76	0.30	0.63	-0.71	0.64	28,577	0.52	39.5	1.40	0.28	0.39	0.53
Santiago Ixcuintla, Nayarit	3	734	1,743	0.42	147	0.13	0.63	-0.57	0.61	95,010	0.49	56.9	1.05	0.39	0.43	0.53
Santa María Huatulco, Oaxaca	3	467	538	0.88	89	0.26	0.81	-0.50	0.59	30,202	0.49	12.1	0.98	0.09	0.28	0.54
Úrsulo Galván, Veracruz	3	11	126	0.08	35	0.45	0.26	-1.20	0.78	27,679	0.65	88.9	2.31	0.62	0.63	0.54
La Huerta, Jalisco	3	1,324	2,011	0.66	135	0.10	0.78	-0.72	0.65	22,746	0.30	33.8	0.32	0.22	0.25	0.54
Angostura, Sinaloa	3	453	1,348	0.34	143	0.17	0.56	-0.87	0.69	43,821	0.43	64.8	1.63	0.45	0.43	0.54
Rosario, Sinaloa	3	1,828	2,602	0.71	262	0.16	0.77	-0.70	0.64	47,192	0.36	29.4	0.31	0.19	0.27	0.54
La Antigua, Veracruz	3	45	131	0.34	43	0.53	0.36	-1.21	0.78	28,501	0.65	62.1	3.56	0.46	0.55	0.55

Tabla IV-2. Resultados del modelo de sustentabilidad, ordenados por IS creciente (continuación).

Municipio, Estado	Situación	Unidades	KM2N km2	KM2M km2	ICN -	NL #	IPL -	Estado -	IMARG -	Desempeño -	CL #	IPOB -	KM2AGRI km2	KM2URBA km2	IUST -	Presión -	Sustentabilidad -
Tecuala, Nayarit	3		385	972	0.40	97	0.16	0.60	-0.79	0.67	42,236	0.46	59.3	1.03	0.40	0.43	0.55
Acaponeta, Nayarit	3		854	1,436	0.60	146	0.16	0.71	-0.80	0.67	36,499	0.40	40.2	0.35	0.27	0.32	0.55
Sto. Domingo Tehuantepec, Oax.	3		886	1,139	0.79	64	0.08	0.85	-0.52	0.59	51,082	0.46	21.3	0.98	0.15	0.30	0.57
Compostela, Nayarit	3		1,134	1,863	0.61	215	0.18	0.71	-0.93	0.71	66,013	0.44	38.4	0.72	0.26	0.34	0.58
Carmen, Campeche	3		4,247	6,602	0.65	905	0.22	0.71	-1.05	0.74	171,951	0.40	35.2	0.51	0.23	0.31	0.58
Pitiquito, Sonora	3		9,373	9,845	0.96	129	0.01	0.99	-1.15	0.77	9,033	0.00	4.7	0.05	0.02	0.00	0.58
Tuxpan, Nayarit	3		58	223	0.26	24	0.17	0.52	-0.92	0.70	31,202	0.60	72.8	1.35	0.50	0.55	0.58
Dzidzantún, Yucatan	3		82	212	0.39	8	0.05	0.65	-0.91	0.70	7,879	0.44	59.1	2.10	0.42	0.42	0.59
José Azueta, Guerrero	3		894	1,460	0.62	232	0.25	0.67	-1.03	0.73	95,549	0.51	37.9	0.92	0.26	0.38	0.59
Escuinapa, Sinaloa	3		952	1,505	0.64	101	0.10	0.76	-0.89	0.70	50,348	0.43	36.0	0.74	0.24	0.33	0.60
Paraíso, Tabasco	3		158	340	0.47	49	0.23	0.60	-0.93	0.71	69,828	0.65	52.2	1.12	0.36	0.50	0.60
Mulegé, BCSur	4		29,541	30,626	0.98	470	0.02	1.00	-1.23	0.79	43,525	0.05	3.5	0.06	0.01	0.02	0.61
Solidaridad, Quintana Roo	4		2,958	3,299	0.91	274	0.13	0.90	-0.95	0.71	63,684	0.36	10.0	0.38	0.06	0.20	0.61
Othón P. Blanco, Quintana Roo	4		12,149	14,504	0.85	727	0.07	0.89	-0.98	0.72	208,031	0.33	15.9	0.33	0.10	0.21	0.61
Comondú, BCSur	4		15,644	17,074	0.93	729	0.06	0.95	-1.20	0.78	63,846	0.17	8.2	0.17	0.05	0.10	0.61
Cihuatlán, Jalisco	4		301	493	0.61	61	0.20	0.70	-1.11	0.75	32,019	0.51	37.7	1.30	0.26	0.38	0.62
Bahía de Banderas, Nayarit	4		558	775	0.73	142	0.29	0.71	-1.23	0.79	59,813	0.53	26.9	1.22	0.19	0.35	0.63
Isla Mujeres, Quintana Roo	4		695	717	0.98	104	0.23	0.88	-1.37	0.83	10,920	0.34	3.1	0.06	0.01	0.16	0.64
Culiacán, Sinaloa	4		2,573	5,974	0.43	1,041	0.28	0.55	-1.42	0.84	745,657	0.59	54.8	2.16	0.39	0.48	0.64
Ahome, Sinaloa	4		1,152	3,428	0.34	368	0.17	0.56	-1.34	0.82	358,956	0.57	64.4	1.99	0.45	0.50	0.65
Matamoros, Tamaulipas	4		1,928	3,966	0.49	900	0.37	0.53	-1.61	0.89	418,791	0.57	48.9	2.51	0.35	0.45	0.65
Loreto, BCSur	4		4,340	4,391	1.00	120	0.04	1.00	-1.38	0.83	11,808	0.13	1.0	0.22	0.00	0.05	0.65
Empalme, Sonora	4		317	589	0.54	92	0.25	0.63	-1.40	0.83	50,014	0.54	43.5	2.64	0.32	0.42	0.65
Caborca, Sonora	4		9,392	10,762	0.88	420	0.06	0.92	-1.34	0.82	69,523	0.23	12.5	0.22	0.08	0.15	0.65
Acapulco de Juárez, Guerrero	4		1,169	1,706	0.69	268	0.25	0.71	-0.94	0.71	721,785	0.73	27.5	3.96	0.23	0.48	0.65
Veracruz, Veracruz	4		44	242	0.18	90	0.60	0.23	-1.65	0.90	456,346	0.91	69.6	12.34	0.63	0.77	0.66
Cajeme, Sonora	4		2,951	4,927	0.60	959	0.31	0.63	-1.61	0.89	356,362	0.52	39.0	1.15	0.27	0.39	0.66
Playas de Rosarito, Baja California	4		285	517	0.56	106	0.33	0.592	-1.57	0.88	60,035	0.58	39.9	4.94	0.33	0.45	0.67
Cozumel, Quintana Roo	4		428	465	0.93	128	0.44	0.74	-1.57	0.88	59,961	0.59	5.3	2.77	0.06	0.32	0.68

Tabla IV-2. Resultados del modelo de sustentabilidad, ordenados por IS creciente (continuación).

Municipio, Estado	Situación	KM2N	KM2M	ICN	NL	IPL	Estado	IMARG	Desempeño	CL	IPOB	KM2AGRI	KM2URBA	IUST	Presión	Sutentabilidad
Unidades		km2	km2	-	#	-	-	-	-	#	-	km2	km2	-	-	-
Lázaro Cárdenas, Michoacan	4	755	1,162	0.66	168	0.23	0.70	-1.35	0.82	171,100	0.61	32.4	2.67	0.25	0.42	0.68
Manzanillo, Colima	5	897	1,335	0.68	213	0.25	0.70	-1.52	0.87	125,143	0.55	30.7	2.04	0.23	0.38	0.68
Campeche, Campeche	5	2,250	3,206	0.71	226	0.11	0.80	-1.29	0.80	217,034	0.51	28.7	1.09	0.20	0.35	0.68
Guaymas, Sonora	5	6,729	7,873	0.86	408	0.08	0.90	-1.48	0.85	129,970	0.35	14.0	0.54	0.09	0.21	0.69
Ensenada, Baja California	5	49,785	53,337	0.94	1,534	0.04	0.97	-1.58	0.88	367,832	0.24	6.5	0.20	0.04	0.13	0.70
Los Cabos, BCSur	5	3,417	3,684	0.94	453	0.19	0.88	-1.59	0.88	105,449	0.41	6.2	1.05	0.05	0.22	0.70
Mazatlán, Sinaloa	5	1,362	2,440	0.56	458	0.30	0.61	-1.72	0.92	380,173	0.61	42.1	2.08	0.30	0.45	0.70
Progreso, Yucatan	5	292	409	0.72	27	0.10	0.81	-1.29	0.80	48,811	0.58	25.2	3.39	0.21	0.39	0.71
Coatzacoalcos, Veracruz	5	82	289	0.28	51	0.28	0.47	-1.41	0.84	267,187	0.83	52.6	19.17	0.60	0.71	0.72
Puerto Peñasco, Sonora	5	5,487	6,186	0.90	30	0.00	0.96	-1.74	0.93	31,154	0.20	11.0	0.33	0.07	0.13	0.72
San Luis Río Colorado, Sonora	5	7,597	9,025	0.85	357	0.06	0.91	-1.64	0.90	145,009	0.34	15.2	0.66	0.10	0.21	0.72
Mexicali, Baja California	5	7,979	13,104	0.61	1,630	0.20	0.70	-1.92	0.98	764,602	0.50	37.6	1.53	0.26	0.37	0.73
La Paz, BCSur	5	14,562	14,961	0.98	952	0.10	0.96	-1.77	0.93	196,566	0.32	2.3	0.37	0.01	0.15	0.73
Salina Cruz, Oaxaca	5	62	134	0.46	20	0.24	0.59	-1.38	0.83	76,957	0.77	31.8	22.23	0.51	0.63	0.74
Hermosillo, Sonora	5	12,223	15,634	0.79	1,105	0.11	0.84	-1.82	0.95	609,763	0.45	20.9	0.88	0.14	0.29	0.75
Tijuana, Baja California	5	565	1,123	0.51	342	0.49	0.47	-1.96	0.99	1,214,187	0.85	33.3	16.39	0.44	0.64	0.76
Benito Juárez, Quintana Roo	5	2,102	2,262	0.94	393	0.28	0.83	-1.76	0.93	419,747	0.63	3.0	4.12	0.07	0.34	0.77
Puerto Vallarta, Jalisco	5	514	683	0.76	92	0.21	0.77	-1.76	0.93	184,595	0.68	21.8	3.00	0.18	0.42	0.78
Boca del Río, Veracruz	5	3	39	0.08	12	0.50	0.23	-1.75	0.93	135,643	0.99	41.2	50.70	0.95	0.97	0.78
Tampico, Tamaulipas	5	63	116	0.54	1	0.01	0.76	-1.90	0.97	295,442	0.95	5.4	40.56	0.57	0.76	0.97
Ciudad Madero, Tamaulipas	5	8	46	0.17	1	0.03	0.55	-2.01	1.00	182,325	1.00	15.5	67.03	1.00	1.00	1.00

Tabla IV-2. Resultados del modelo de sustentabilidad, ordenados por IS creciente (continuación).

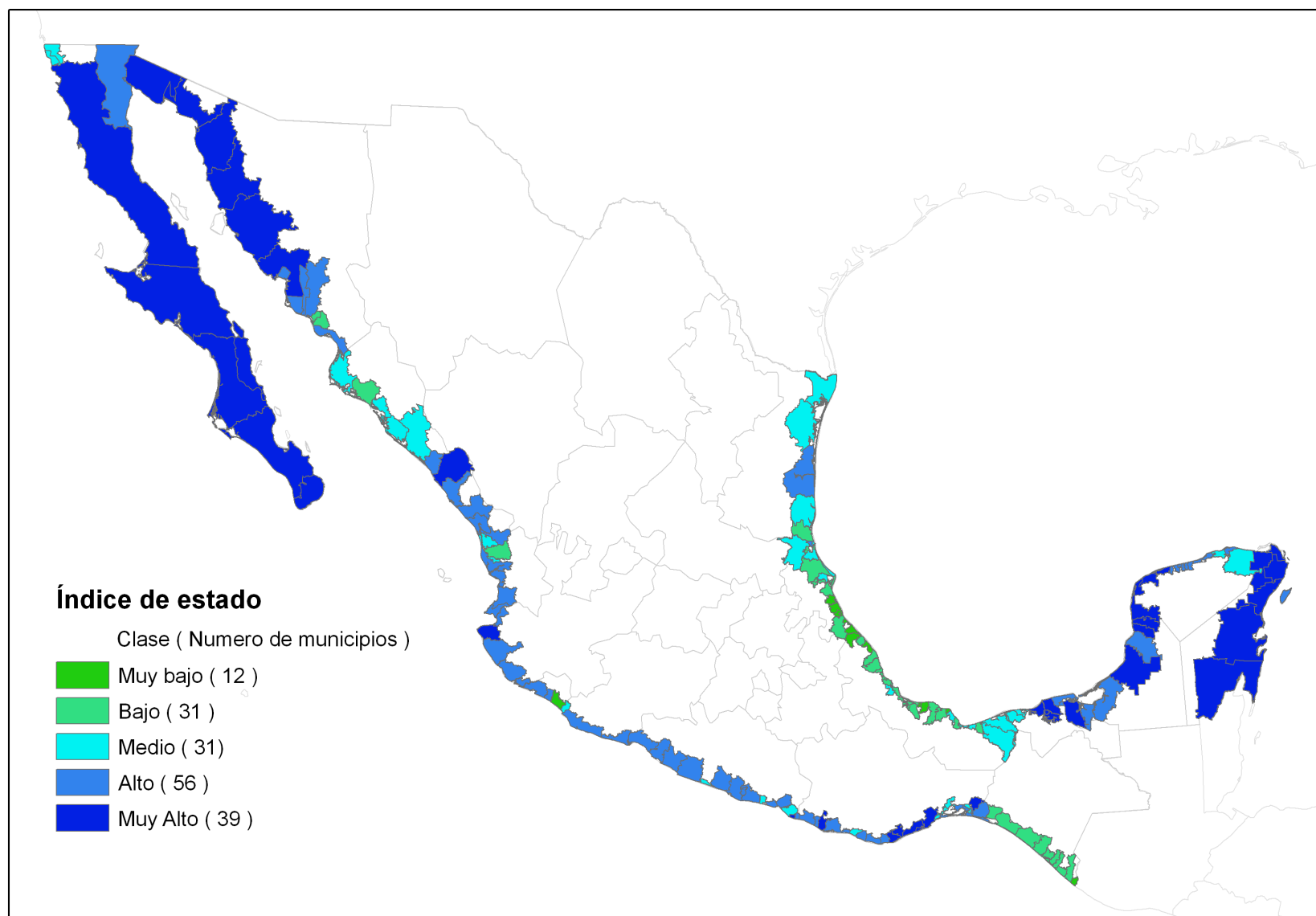


Figura IV-1. Índice de estado municipal.

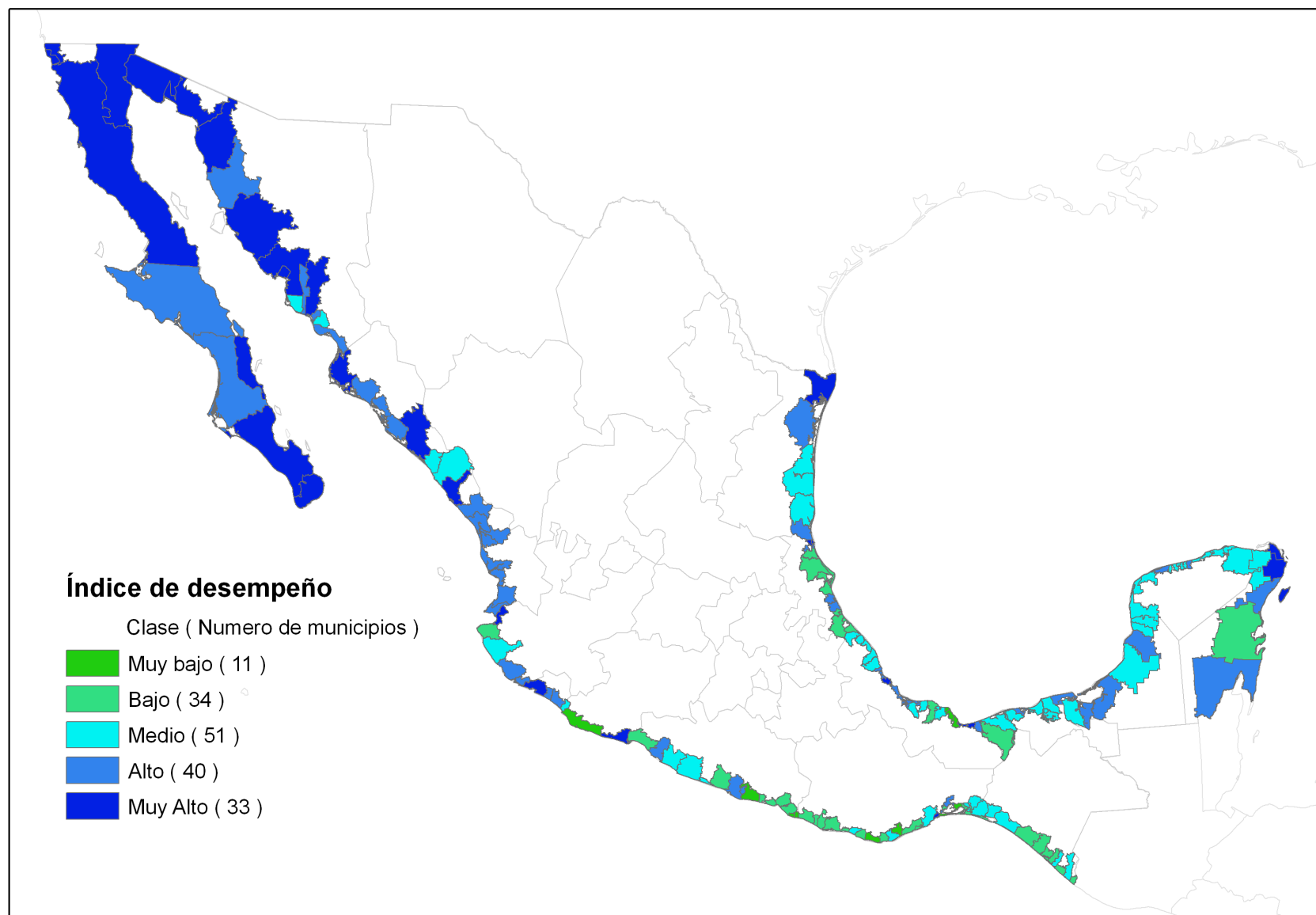


Figura IV-2. Índice de desempeño municipal.

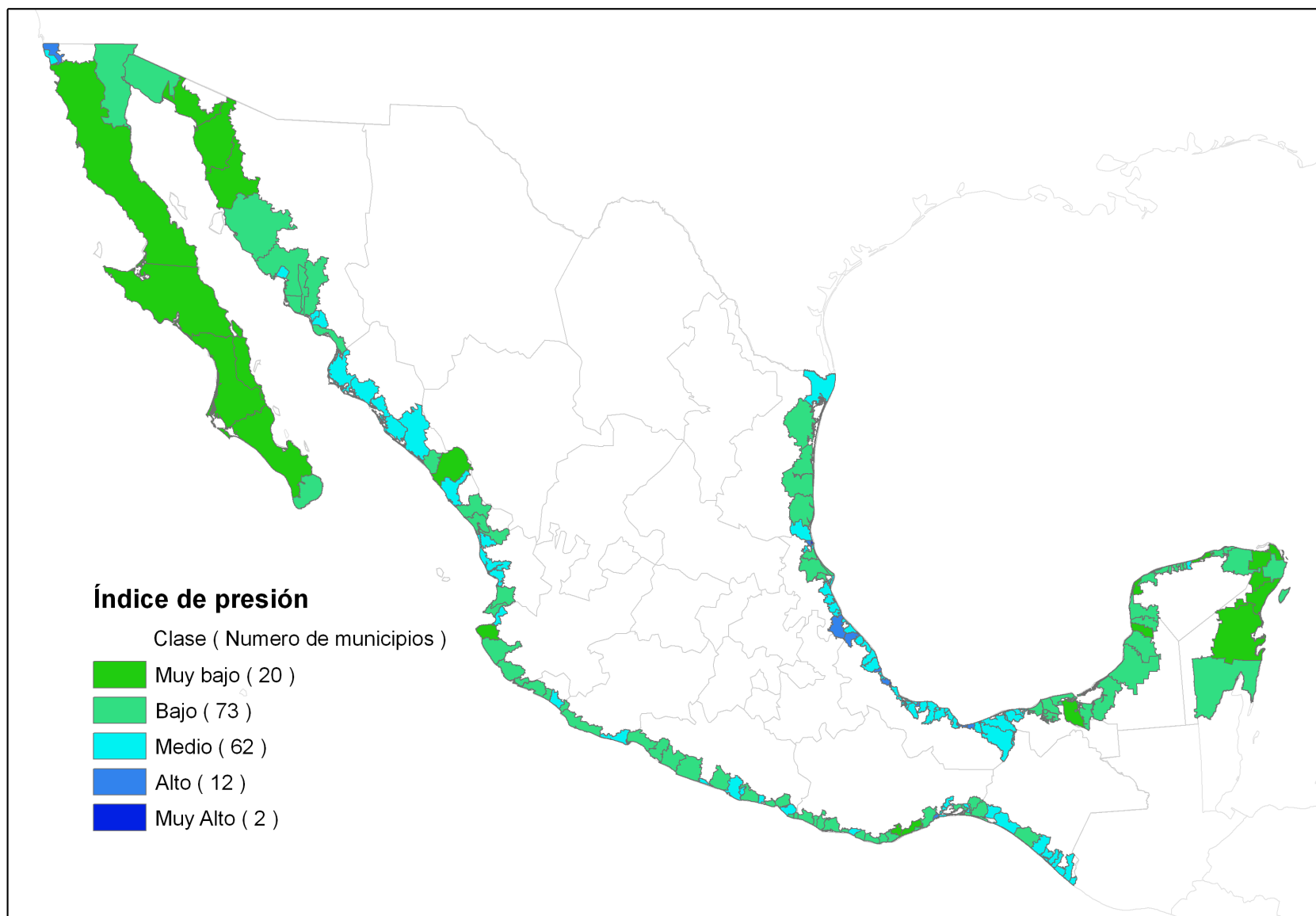


Figura IV-3. Índice de presión municipal.

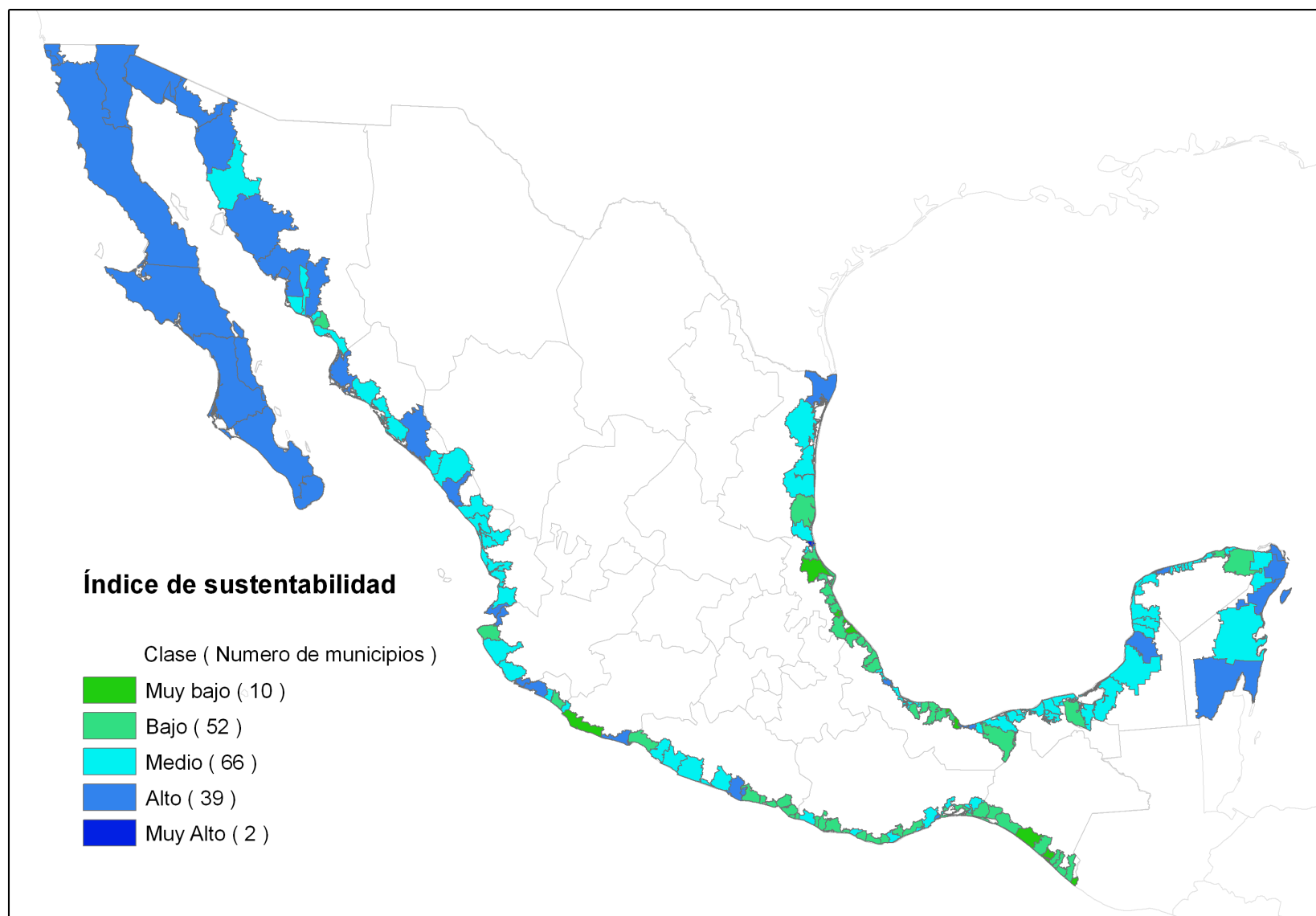


Figura IV-3. Índice de sustentabilidad municipal.