

## REVISTA

El Periplo Sustentable.

Universidad Autónoma del Estado  
de México

www.psus.uaemex.mx

ISSN: 1870-9036

Publicación Semestral

Número: 24

Enero / Junio 2013

---

## ARTÍCULO

Título:

Las playas de Quintana Roo: sus  
riesgos y vulnerabilidad.

Autores:

Daniel Torruco Gómez

(México)

Martha Alicia González Solís

(México)

Ángel D. Torruco González

(México)

Fecha Recepción:

14/abril/2012

Fecha Reenvío:

21/agosto/2012

Fecha Aceptación:

27/agosto/2012

Páginas:

155 - 172

# Las playas de Quintana Roo: sus riesgos y vulnerabilidad

*Daniel Torruco Gómez*

< Instituto Politécnico Nacional >

*Martha Alicia González Solís*

< Instituto Politécnico Nacional >

*Ángel D. Torruco González*

< Ayuntamiento de Mérida >

## RESUMEN

Las playas son sistemas donde se ejercen presiones antrópicas y ambientales, en este estudio se analizaron sus condiciones bioeconómicas con la finalidad de obtener un modelo que permita determinar el grado de vulnerabilidad y la matriz de riesgo en las playas del Estado de Quintana Roo para un mejor uso sustentable. Se formularon matrices con registros biológicos y socioeconómicos obtenidos entre el 2009 y 2010 en temporadas de alto registro turístico, obteniendo 17 variables en 20 playas analizadas. La evaluación se efectuó con el modelo semiparamétrico del tipo KSIM con dos escenarios: uno sin control/restricción en el desarrollo costero y otro con las mismas características pero con decremento en demanda turística por baja calidad ambiental. Los resultados mostraron un marcado descenso en playas arenosas y costas rocosas. En el modelo se hace referencia a la importancia de los procesos de las playas y su interrelación con los factores biológicos, sociales y económicos más importantes, proporcionando una visión integral de todas las variables. Se recomienda incrementar el modelo dándole mayor envergadura, integrando a las instituciones que influyen en el control de las acciones en estas playas, lo que dará un mejor referente y monitoreo a corto, mediano y largo plazo.

## PALABRAS CLAVE

Matrices de variabilidad y riesgo, modelaje semiparamétrico, playas,  
Riviera y Costa Maya.



# Alternative Tourism and Education

## A proposal to contribute to human development

*Daniel Torruco Gómez*

< *Instituto Politécnico Nacional* >

*Martha Alicia González Solís*

< *Instituto Politécnico Nacional* >

*Angel D. Torruco González*

< *Ayuntamiento de Mérida* >

### *ABSTRACT*

Beaches are systems with anthropic and environmental pressures, in this study we analyzed the bio-economical conditions to get a model that let us formulate most of the vulnerabilities and risks in the Quintana Roo State. We used biological and socioeconomic data obtained among the years of 2009 and 2010 during the high tourism seasons, obtaining 17 different variables in 20 beaches. The evaluation was made with a semiparametric model KSIM with two scenarios: one without any control/restriction in the coastal development and other with the same characteristics but with a decline in the touristic demand because of low environmental quality. The results showed a drop in sandy beaches just as in rocky coasts. This model demonstrates its importance as a frame of reference to the processes that happen in the beaches of Quintana Roo, and also provides an approach to the interrelation that arises with the most important biological, demographic, social, economic or ecological factors. Besides its relevance as a starting point for more detailed quantitative analysis, it provides an integral vision of all variables. It is recommended to increase this model giving it a bigger scope and at the same time to include the institutions that have an influence in the control of actions over the coastal of Quintana Roo, and as a result it will give a better example and monitoring in short, medium and long term.

### *KEY WORDS*

Vulnerabilities and risks matrices, semiparametric modeling,  
Riviera and Coast Maya, beaches.

### *JOURNAL*

El Periplo Sustentable.

Universidad Autónoma del Estado  
de México

www.psus.uaemex.mx

ISSN: 1870-9036

Bi-Annual Publication

Number: 24

January / June 2013

### *ARTICLE*

Title:

Quintana Roo beaches: its risks  
and vulnerabilities.

Authors:

Daniel Torruco Gómez

(Mexico)

Martha Alicia González Solís

(Mexico)

Angel D. Torruco González

(Mexico)

Receipt:

april/14/2012

Forward

august/21/2012

Acceptance:

august/27/2012

Pages:

155 - 172



## INTRODUCCIÓN

En años recientes, procesos económicos y políticos complejos a escala mundial se han combinado para direccionar el rumbo del desarrollo turístico en nuestro país y para el mantenimiento de las áreas turísticas del Caribe Mexicano. A esto hay que añadir lo que concierne a eventos imprevistos como la epidemia de influenza H1N1 y los de carácter natural o político nacional como los huracanes, así como el recrudecimiento de la violencia de las acciones entre el gobierno y los diferentes cárteles del narcotráfico. El entrelazamiento de estos factores, unos permanentes y otros fundados en eventos circunstanciales, han sido determinantes en el comportamiento de las corrientes turísticas del país. Sin embargo, las zonas más afectadas son probablemente los polos de Turismo masivo como es el caso de las costas de Quintana Roo.

### **Daniel Torruco Gómez**

*Doctor en Ciencias Marinas.*

*Investigador del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.*

*Líneas de Investigación: Ecología Litoral. Ecología de Arrecifes Coralinos. Ecología de costas rocosas y arenosas.*

*Taxonomía de invertebrados arrecifales y litorales.*

*Evaluación y manejo de arrecifes coralinos. Obtención de Indicadores ecológicos y desarrollo de metodología cuantitativa para integrar el monitoreo, evaluación y manejo en los arrecifes coralinos y ecosistemas litorales. Ecología del paisaje litoral.*

*antor@mda.cinvestav.mx*

Aún cuando la actividad turística en México se ha considerado un motor del desarrollo regional y un instrumento de captación de divisas, así como un generador de empleo entre la población joven y de ambos sexos, tiene fuertes impactos a nivel nacional e internacional así como en el ámbito económico, social, cultural y sobre todo ambiental (Sotelo y Moliner, 2005; James, 2006). Esta situación, aunado a las cambiantes condiciones del turismo mundial e intensa competencia, el acceso del turista a una mayor información y los cambios en los canales de distribución de los productos turísticos, han exigido un nuevo enfoque respecto a las políticas que ha obligado a la planeación y al desarrollo sustentable de esta actividad, en función de las necesidades y preferencias del turista con un ambiente más sano, mejor conservado, auténtico, natural y además con un alto nivel en la calidad de los servicios que ofrece.

La preocupación por el medio ambiente y los recursos naturales, así como la necesidad de cumplir con los lineamientos normativos para su conservación y aprovechamiento no se deben considerar como una barrera o un obstáculo

al desarrollo de esta actividad sino por el contrario, como una oportunidad para lograr competitividad en el mercado (Holling, 1975; Ceballos, 2002). Al ofertar al turista el paisaje como condición primaria, debe ser de hecho un protector potencial de la biodiversidad y del uso sustentable tanto de los recursos naturales como de la preservación de los patrones culturales.

A pesar de que el mismo desarrollo genera tensiones socioeconómicas que se resuelven mediante la conciliación de intereses y la concertación social en el uso de los recursos, la sociedad ha adquirido una conciencia acerca de la necesidad de conservar la base sustantiva de su propia sobrevivencia.

Este objetivo es factible de realizar mediante el aprovechamiento racional y uso sostenido de los recursos naturales. Desde hace varias décadas el estado de Quintana Roo ha tenido grandes avances en la protección de los recursos naturales y en el manejo de su zona costera, promoviendo la designación de Áreas Naturales Protegidas-ANP's (Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Reserva de la Biosfera de Banco Chinchorro, Parque Nacional Isla Concoy, Parque Nacional Arrecife Cozumel, Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Nizuc y Punta Cancún, entre otros), ya que posee patrimonios naturales importantes. Se han llevado a cabo ordenamientos ecológicos para los corredores turísticos: Cancún-Tulum y Costa Maya (Ordenamiento ecológico Golfo de México y Caribe 2006), así como planes de desarrollo urbano para varias comunidades costeras. Estos esfuerzos, en su mayoría, intentan elaborar una visión que combine el éxito económico del turismo y el bienestar de los recursos naturales y culturales presentes en la zona costera de Quintana Roo.

Con este referente, el presente trabajo tiene como objetivo principal presentar una propuesta para desarrollar un protocolo de análisis para determinar el grado de vulnerabilidad y la matriz de riesgo de las playas del litoral quintanarroense (Fig. 1).

**Martha Alicia González Solís**

*Doctora en Ciencias Marinas.*

*Investigador del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.*

*Ecología Litoral. Ecología de Arrecifes Coralinos. Ecología de costas rocosas y arenosas.*

*Taxonomía de moluscos litorales y arrecifales.*

*Evaluación y manejo de ecosistemas litorales, taxonomía de la macroflora marina litoral y arrecifal.*

*aligosol@gmail.com*

**Angel D. Torruco González**

*Licenciado en Derecho.*

*Ayuntamiento del municipio de Mérida, Yucatán.*

*Linea de Investigación: Legislación y normatividad ambiental, Educación ambiental, Derechos humanos y Derecho Internacional.*

*angel.11.daniel@gmail.com*

## METODOLOGÍA

La obtención de los vectores de las matrices que conformaron el modelo, se obtuvo mediante muestreos biológicos y socioeconómicos en 20 playas del litoral de Quintana Roo durante tres temporadas de alta presencia turística en el 2009 y 2010, las cuales son en primavera, verano e invierno: marzo, abril, julio, agosto y diciembre, obteniendo un total de 17 variables y 10 periodos de muestreo (Tabla 1). En cada periodo simulado, las demandas de las tres temporadas con cinco periodos de muestreo por año son calculadas con la base de un crecimiento geométrico conservador (de aproximadamente 5% por año).

La definición de la matriz de vulnerabilidad y riesgo se realizó mediante técnicas de modelaje semiparamétrico, con el modelo de simulación KSIM. Es un modelo que requiere de información mínima y en donde sólo es necesario especificar la relevancia del sistema de variables y decidir si la relación entre cada par de ellas es positiva (un incremento de **A** tiende a originar un incremento en **B**), negativa (un incremento en **A** origina un decremento en **B**) o cero (un incremento en **A** no afecta directamente a **B**); también incorpora la magnitud relativa del efecto de la interacción (el doble de **A** tiende a reducir la mitad de **B**, y así sucesivamente). La técnica en sí, evalúa las implicaciones dinámicas de estas relaciones específicas si esta disponible información adicional de la importancia relativa de las variables, puede incorporarse fácilmente en la evaluación (Kane, 1972; Kane, Thompson y Vertinsky, 1973; Keeney y Raiffa, 1976).

La principal ventaja de este acercamiento es que lleva a considerar la dinámica del sistema y de las interacciones entre las variables a un nivel de información demasiado separado para la construcción de un modelo de simulación estándar. Otra ventaja es la velocidad con la cual el usuario puede estructurar el modelo y el escaso requerimiento de hardware. Por su naturaleza, el modelo proporciona tendencias cualitativas gruesas de las variables sin un balance numérico preciso. Una de las consideraciones del modelo es que cada variable tiene un potencial máximo y un mínimo, factores de igual importancia pueden causar incremento en alguna variable pero pocos pueden causar un decremento. Los detalles del modelo son moderadamente complejos pero puede ser adaptado para acomodar una gran cantidad de tratamientos de detalles cuali-cuantitativos (López-Victoria et al., 2002).

**Criterios de selección de variables.** La selección de variables se llevó a cabo haciendo una interacción lógica entre las variables biológicas y socioeconómicas medidas en 20 playas del litoral de Quintana Roo desde Puerto Morelos hasta Xcalak en los años de 2009 y 2010 (Fig. 1), así como las variables de la literatura (tanto de los anuarios demográficos, como de la bibliografía consultada sobre las condiciones prevaecientes en esa área), con ello se conformaron matrices con elementos importantes en la dinámica de las playas (Boem, 1988; Bradbury y Young, 1981; Brazeiro et al., 1998; Carranza-Edwards y Nolazco-Montero, 1988; Cuhna y Navara, 2003; Ceballos, 2002; Deidum et al., 2003; Ferrer, 2008; García-Ríos, 2008).

Figura 1. Localización de los sitios de muestreo.



En nuestro caso seleccionamos diecisiete variables ( $X_i$ ), las cuales pensamos que son relevantes para la dinámica de playas en las costas de Quintana Roo: 1. Población, 2. Playa arenosa, 3. Costa Rocosa, 4. Corrientes litorales, 5. Transporte de sedimentos, 6. Hoteles, 7. Turismo, 8. Erosión, 9. Acreción, 10. Limpieza de playas, 11. Relleno de playas, 12. Cambios de pendiente, 13. Biodiversidad, 14. Hábitats, 15. Tormentas/huracanes, 16. Construcción de casas, 17. Presencia de un Arrecife de coral.

En la variable hoteles se amalgaman todos los servicios turísticos tales como: tiendas de buceo, recorridos, servicios hoteleros y playa, entre otros que impliquen el uso de la misma. Dentro del variable turismo se integraron a los prestadores de servicios y usuarios.

Se normalizaron las variables de 0 a 1 para seleccionar los límites inferiores y superiores de cada una de las  $X_i$ . Posteriormente se estableció la unidad de tiempo que estará representando el número total de periodos por cada temporada de muestreo para observar las tendencias de cambio, que en nuestro caso fue de 10. Posteriormente se conformaron las matrices  $\alpha$  y  $\beta$ . La primera matriz ( $\alpha$ ) enlista cada variable en las filas (i) y en las columnas (j); la matriz entrante  $a_{ij}$  (coeficiente de interacción) representa el efecto de primer orden que  $X_j$  tiene sobre  $X_i$  en una unidad de tiempo. La matriz  $\beta$  define el valor de la interacción  $b_{ij}$  que representa el cambio entre  $X_j$  en  $X_i$  ( $\partial X_i / \partial X_j$ ).

La formulación matemática formal es la siguiente:

$$X_i(T + \Delta t) = X_i(T)^{\Phi_i(T)}$$

Donde:  $T = k\Delta t$  para un integral positivo  $k$  y  $\Delta t$  representa un periodo de tiempo:

$$\Phi_i(T) = \frac{1 + \frac{\Delta t}{2} \sum_{j=1}^m [a_{ij} + B_{ij} | -(a_{ij} + B_{ij})]}{1 + \frac{\Delta t}{2} \sum_{j=1}^m [a_{ij} + B_{ij} | +(a_{ij} + B_{ij})]} X_i(T)$$

Donde:

$$B_{ij} = b_{ij} \frac{\partial(\ln X_i(t))}{\partial t}$$

$m$  - Número de columnas variables

$a_{ij}$  - elementos de la matriz de interacción dado el impacto de  $X_j$  sobre  $X_i$

$b_{ij}$  - elementos de la matriz de interacción derivada dado el impacto de  $\partial(\ln x_i) / \partial t$  sobre  $X_i$

Las matrices utilizadas se presentan en las tablas 1 y 2.

Tabla 1. Matriz  $\alpha$  del modelo KSIM, se muestra la interacción de las 17 variables analizadas para las playas de Quintana Roo.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	POBLACIÓN	+	+	-	0	0	+	0	0	0	0	0	0	-	-	-	+	+
2	PLAYA ARENOSA	-	+	-	0	+	0	-	-	+	0	+	+	0	0	-	-	+
3	COSTA ROCOSA	-	-	+	0	-	0	-	-	-	0	0	0	0	0	-	0	+
4	CORRIENTE LITORAL	0	0	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0
5	TRANSPORTE DE SEDIMENTOS	0	0	0	+	+	0	0	0	+	0	0	0	0	0	+	0	0
6	HOTELES	+	+	-	0	-	0	+	0	+	0	+	0	0	0	-	0	+
7	TURISMO	0	+	-	+	-	+	0	-	+	+	+	0	+	0	-	0	+
8	EROSIÓN	-	0	-	+	+	+	+	-	-	0	0	-	-	0	+	0	-
9	ACRECIÓN	+	+	+	+	+	0	0	-	+	0	0	-	0	0	-	0	0
10	LIMPIEZA DE PLAYAS	0	+	0	0	+	+	+	0	+	+	+	0	0	0	0	0	0
11	RELLENO DE PLAYAS	0	+	0	0	-	+	+	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0
12	CAMBIO DE PENDIENTE	0	+	0	+	+	+	+	0	+	0	+	+	0	0	0	0	0
13	BIODIVERSIDAD	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	0	0	+	+	-	-	+
14	HÁBITATS	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	0	0	+	+	-	-	+
15	TORMENTAS/HURACANES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0
16	CONSTRUCCIÓN CASAS	+	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	+	0
17	ARRECIFE	-	0	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	-	0	+

Tabla 2. Matriz  $\beta$  del modelo KSIM, se muestra la magnitud de la interacción entre las 17 variables

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	POBLACIÓN	1	0	-1	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0.5	0.5
2	PLAYA ARENOSA	-1	1	-1	0	1	0	-0.5	-1	1	0	1	1	0	0	-1	-1	0.5
3	COSTA ROCOSA	-1	-0.5	1	0.0	-1	0	-0.5	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	0	0.5
4	CORRIENTE LITORAL	0	0	0.5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0
5	TRANSPORTE DE SEDIMENTOS	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0
6	HOTELES	0.5	1	-0.5	0	-0.5	0	1	0	0.5	0	0.5	0	0	0	-1	0	0.5
7	TURISMO	0	1	-0.5	0	-0.5	1	0	-1	0.5	1	1	0	0.5	0	-1	0	1
8	EROSIÓN	-0.5	0	-0.5	1	1	1	1	-0.5	-1	0	0	-0.5	-0.5	0	1	0	-0.5
9	ACRECIÓN	0.5	1	1	1	1	0	0	-1	1	0	0	0.5	0	0	-1	0	0
10	LIMPIEZA DE PLAYAS	0	1	0	0	0.5	1	1	0	0.5	1	1	0	0	0	0	0	0
11	RELLENO DE PLAYAS	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
12	CAMBIO DE PENDIENTE	0	1	0	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0	0.5	1	0	0	0	0	0
13	BIODIVERSIDAD	-0.5	1	1	-0.5	0.5	0.5	-0.5	-0.5	0.5	-0.5	0	0	1	1	-1	-1	1
14	HÁBITATS	-1	1	1	-0.5	0.5	0.5	-0.5	-0.5	0.5	-0.5	0	0	1	1	-1	-1	1
15	TORMENTAS/HURACANES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
16	CONSTRUCCIÓN CASAS	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0
17	ARRECIFE	-0.5	0	0	0	0	-0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	1

Los resultados se presentan de manera gráfica en las figuras 2 y 3, lo cual permite la visualización al paso del tiempo de las variables seleccionadas. Bajo esta premisa, la interacción de estos factores modela el comportamiento de las playas en las costas del Estado. Las matrices  $\alpha$  y  $\beta$  corresponden analíticamente a las matrices de vulnerabilidad y riesgo respectivamente.

**Análisis de la caracterización preliminar del riesgo.** Las variables siguieron la siguiente lógica:

- La población causa a sí misma su aumento.
- Al aumentar la población, aumenta también la presión sobre las playas, ya sea como esparcimiento o como fuente de ingresos.
- Al aumentar la población, la biodiversidad disminuye, ya sea por invasión de hábitats o remoción de especies.
- Al aumentar la población, el número de hábitats naturales disminuye por transformación del mismo o por invasión.
- La población, al hacer uso del arrecife sin ninguna restricción lo degrada (lo que se corroboró con la disminución de la diversidad en playas con o sin uso supervisado).
- La playa arenosa está relacionada con la corriente litoral ya que ésta puede transportar sedimentos dentro y fuera del sistema.
- Si la playa arenosa aumenta, la relación con el transporte de sedimentos es directa.
- Si la playa arenosa aumenta, los hoteles aumentan.
- Si la playa arenosa aumenta, el turismo aumenta (este factor y el anterior se corroboraron mediante encuestas, censos y cotejo de archivos hoteleros, cuando el hotel tuvo playa fue un factor determinante de ocupación exitosa, para lo cual se evaluó: época de mayor demanda, tipo de demanda, origen del turismo, forma de vacacionar, costos de transporte de origen, gastos por persona, objetivo de viaje, entre otros).
- Si hay más playa arenosa, necesariamente debe haber una mayor frecuencia en la limpieza (este factor fue cotejado durante las etapas de muestreo, a las playas de menor tamaño se les dio mantenimiento una o hasta dos veces por semana y las de mayor amplitud se limpian hasta dos veces al día).
- Si la playa aumenta de manera natural, no debería haber relleno de playas.
- Si la playa aumenta, necesariamente debe presentarse un cambio de pendiente.

- Al aumentar la playa, la biodiversidad y los hábitats disponibles para los organismos de la Psammofauna se incrementan.
- Si la costa rocosa aumenta, el transporte de sedimento aumenta.
- Si la costa rocosa aumenta, la erosión se incrementa.
- Si la costa rocosa aumenta, la biodiversidad y hábitats disponibles se incrementan.
- Si la costa rocosa aumenta es más susceptible a que se construyan más casas utilizando la roca como cimientos.
- El transporte de sedimentos está ligado a la corriente litoral.
- La erosión y la acreción de las playas y costas rocosas están ligadas a la corriente litoral.
- Los hoteles causan que la población y el turismo se incremente.
- A mayor número de hoteles, mayor limpieza de playas (el cotejó se realizó durante los períodos de muestreo, al mismo tiempo en los hoteles se revisaron los archivos de gastos; las playas libres están supeditadas a una limpieza con una frecuencia que define el municipio: en las playas analizadas se corroboró una limpieza diaria sobre todo por los afluentes de macroalgas (Sargassum) que son los frecuentes en estas playas).
- Los hoteles influyen en el relleno de playas.
- Los hoteles causan un decremento en la biodiversidad y en los hábitats.
- Los hoteles degradan el arrecife (es un resultado general de las playas analizadas, sin embargo es importante resaltar que existen algunas Fundaciones en Pro de la conservación del arrecife en donde se realizan importantes trabajos de restauración y cuidado arrecifal, así como de educación ambiental para el desarrollo de una conciencia de conservación).
- El turismo causa que el número de hoteles se incremente.
- El turismo ocasiona que aumente la limpieza de playas y el relleno de las mismas.
- El turismo origina un descenso en la biodiversidad y hábitats
- El turismo degrada el arrecife.
- La erosión causa que la playa y la costa rocosa se reduzcan.
- La erosión causa que el turismo decrezca.
- La erosión origina cambios de pendientes.
- La acreción causa que el turismo aumente.
- La acreción causa cambios en las pendientes.
- La acreción aumenta la biodiversidad y los hábitats disponibles para la Psammofauna.

- La limpieza de playas origina un aumento en los turistas (se registraron más turistas en playas limpias que en playas con Sargazo que depositan las propias corrientes marinas).
- La limpieza de playa origina una baja diversidad y de hábitats disponibles a causa de la compactación de la arena, por el cribado de la basura.
- Las tormentas y huracanes afectan de manera negativa a casi todas las variables y dependiendo de su magnitud, será el efecto a través del tiempo y por consiguiente su recuperación.
- La construcción de casas afecta directamente a la costa rocosa.
- El arrecife tiene relaciones negativas con la población, con los hoteles, con el turismo y con las propias tormentas.
- El arrecife protege a la población, a los hoteles y a turistas de las corrientes de tormenta.

## RESULTADOS

La evaluación del efecto de las variables se refiere a los sistemas en estudio: la playa arenosa y la costa rocosa. Las gráficas 2 y 3 muestran la proyección a través del tiempo de las variables: núm. de hoteles, demanda turística, población, cuidado de playas y costas, biodiversidad, playa arenosa, costa rocosa y erosión, que son las variables de relevancia para este ensayo (Lubchenco y Menge, 1978). Se presentan dos de los escenarios utilizados, uno de ellos sin ningún control de desarrollo (Fig. 2) y el segundo proponiendo un escenario sin control de desarrollo pero con un decremento en la demanda turística por causas de calidad ambiental (Fig. 3) (Magaña et al., 2004; Fundación BBVA, 2007). Los gráficos muestran en el periodo total fluctuaciones importantes, en todos los casos existe un descenso de las variables, Playa y costa rocosa más marcado hacia el final del periodo simulado.

*Figura 2. Simulación semiparamétrica del escenario 1: Desarrollo costero sin ningún control, en las playas y costas rocosas del litoral de Quintana Roo.*

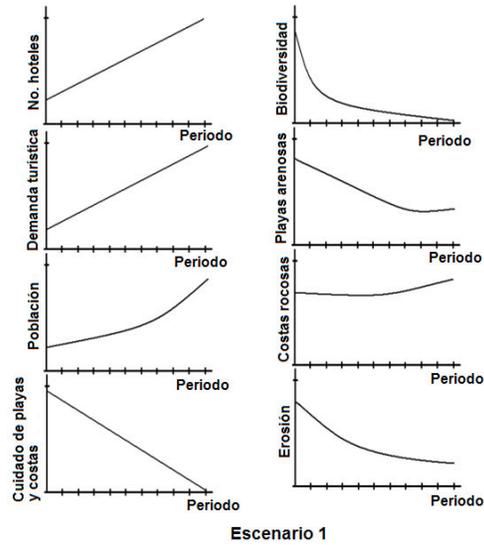
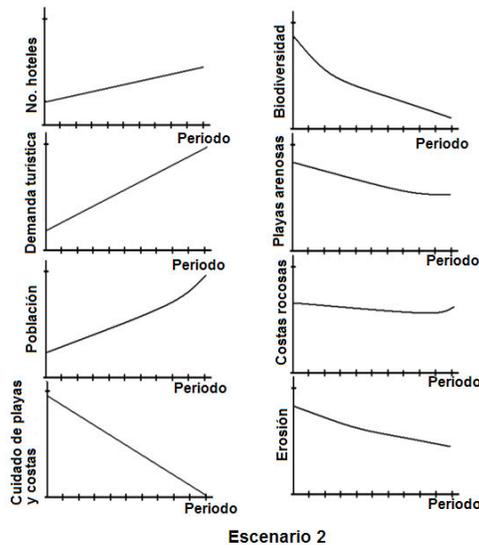


Figura 3. Simulación semiparamétrica del escenario. 2. Desarrollo costero sin ningún control, pero con un decremento en la demanda turística por causas de calidad ambiental en las playas y costas rocosas del litoral de Quintana Roo.



A través del modelo analizado presentamos una variedad de interacciones y mecanismos de retroalimentación para las 20 playas analizadas con sus 17 variables respectivas, las predicciones finales dependen grandemente de unas pocas relaciones clave que pueden resumirse de la siguiente manera:

- En el caso de una demanda potencialmente infinita, el crecimiento de la industria de la recreación estará limitada por la tasa de crecimiento de la poblacional local.
- La cantidad de cuidados para el desarrollo costero desaparece rápidamente mientras la demanda local para construir sitios esté en crecimiento continuo.
- Si se presenta este desarrollo, la calidad ambiental decrece.
- La demanda recreativa decrece rápidamente si la calidad del ambiente se deteriora.
- Los eventos naturales de gran importancia no logran estabilizar el desarrollo costero (se reconstruyen estructuras más grandes, con los mismos vicios).
- Es necesario un acercamiento más detallado de los procesos para ponderar todas las posibilidades y estrategias para obtener un desarrollo sustentable equilibrado entre ambiente-economía.

En retrospectiva, el modelo a pesar de su relativo poco refinamiento, proporciona una base para predecir e identificar los elementos críticos acerca de los aspectos humanos en los cambios ambientales de la costa de Quintana Roo (Páez, 2000; Jaffe, Smith y Foxgrover, 2006). Queda para el trabajo de futuros modelos un desarrollo más detallado de los componentes ecológicos, económicos y sociales de la historia y de esta manera puede emerger un esquema balanceado del sistema total.

### *CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES*

El presente estudio logró promover la comunicación entre los grupos de interés involucrados en las playas de este Estado mediante un lenguaje común y enfocando la atención en las áreas críticas. La identificación de impactos de las estrategias de desarrollo puede ser considerada como información práctica para los actores de esos escenarios. Algunos factores son fácilmente conocidos, como las demandas turísticas en las épocas correspondientes; no obstante es necesario

pensar cuál es el límite potencial de ésta con la infraestructura que se posee y, en contraparte, es conveniente considerar futuros cambios en la calidad del ambiente que puede originar que la demanda turística decline.

Estas observaciones y argumentaciones forman la base de nuestro modelo simple de demanda. En cada periodo simulado, las demandas de las tres temporadas con cinco periodos de muestreo por año son calculadas con la base de un crecimiento geométrico conservador (de aproximadamente 5% por año). Debido a la proporción de construcción de casas en costas rocosas y pérdidas de playa tanto arenosa como rocosa por la erosión, se considera que la diversidad y los hábitats decrecen; otras medidas de calidad recreacional como la limpieza de playas, la acreción de las mismas son incluidas en el modelo para manejar un balance entre acciones positivas y negativas tanto naturales como antropológicas. Si bien, no se refleja explícitamente, recordemos que el modelo está inmerso en su concepción de temporadas altas, que aunque presentaron eventos no pronosticados como fue el caso de la caída en la economía global y el brote de influenza H1N1, las condiciones no prevalecen todo el año. Aún cuando los procesos biológicos básicos son tratados, se presentan como un factor secundario; el intento de este acercamiento fue del análisis global del sistema, incluyendo también de esa misma manera, aspectos económicos y políticos.

Además, el modelo involucra dos secciones de la costa con grandes diferencias, la sección norte, desde Puerto Morelos hasta Punta Allen y la sección sur desde Punta Herrero hasta Xcalak, que no se separan en el modelo. El modelo ambiental trata varios grupos de fenómenos: determina el estatus general de poblaciones silvestres, incluyendo sus gremios; determina como óptimo el estatus de las playas y las costas rocosas; considera cambios generales debidos a procesos de erosión y transporte litoral, incluyendo en ellos muchos más factores contribuyentes. Sería conveniente que algunos procesos ecológicos considerados se robustecieran a futuro con experimentos de campo; sin embargo, muchas interacciones y valores de parámetros fueron necesarios para formular esta estimación subjetiva y la construcción del modelo correspondiente con el establecimiento de una hipótesis de trabajo consistente durante la simulación. Los resultados del modelo muestran una coalición entre la parte ecológica y la sección socio-económica, una de las conclusiones que se derivan de este modelo propone que bajo este escenario, los turistas son muy sensibles a la calidad estética del paisaje y en consecuencia la derrama económica depende mucho de ello.

El modelo demuestra gran importancia debido a que se presenta como un marco referencial de los procesos que ocurren en las playas del Estado, proporciona una aproximación de la interrelación que ocurre con los factores más importantes, ya sean biológicos, demográficos o/y ecológicos. Finalmente sirve como un punto de partida para análisis cuantitativos más desarrollados, proporcionando una visión más holística. Dentro de las recomendaciones más evidentes, está la de incrementar este modelo, dándole una mayor envergadura, integrando a todas las instituciones que tienen influencia en el posible control de acciones en las costas de Quintana Roo, así como a las comisiones de ordenación territorial en su competencia de legislar la zonificación, modificar la tasa de construcción y el suministro de servicios turísticos, así como las áreas naturales protegidas, las diferentes dependencias estatales en sus atribuciones particulares, las cuales pueden robustecer enormemente el modelo generado y de esta manera tener un referente a través del tiempo que puede ser monitoreado en periodos de corto, mediano y largo plazo.

## REFERENCIAS

- Poem, R.M. (1988). "Recognition of storm impact on the reef sediment record". En Proceeding of the 6th International Coral Reef Symposium. Townsville, vol. 3, Australia, p. 419-23.
- Bradbury, R.H. and P.C.Young (1981). "The effects of a major forcing function, wave energy, on a coral reef ecosystem". En Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol. 5. Australia, pp. 229-241.
- Brazeiro A., N. Rozbaczylo y J.M. Fariña (1998). "Distribución espacial de la macrofauna en una playa expuesta de Chile central: efectos de la morfodinámica intermareal". En Invest. Mar. Vol. 26. Valparaíso, pp. 119-126.
- Carranza-Edwards, A. y E. Nolazco-Montero (1988). "Estudio Sedimentológico regional de las playas de Yucatán y Quintana Roo, México". En An. Inst. del Mar. y Limnol. Vol. 12, núm. 2. México: UNAM, pp.49-66.
- Ceballos C. (2002). "Estado de las playas en Colombia". En Programa de Biodiversidad y Ecosistemas Marinos. Colombia: BEM, pp.149-156.
- Cunha M. R. and A. Ravara (2003). "Macrofaunal zonation and sediment properties on a low-energy, mesotidal sandy beach (Ria de Aveiro) (Northwestern Portugal)". En Boletín del Instituto Español de Oceanografía, ISSN 0074-0195, vol. 19, núm. 1-4, Portugal: DOI, pp. 235-246.
- Deidun A., M. Azzopardi, S. Saliba and P.J. Schembri (2003). "Low faunal diversity on maltese sandy beaches: fact or artifact?" En Estuarine, Coastal and shelf science. Núm, 58, pp.83-92.
- Ferrer Á. (2008). Certificación de playas limpias de acuerdo a la NMX-AA-120-SCFI-2006: Caso de estudio Playa El Médano, Los Cabos, Baja California Sur, México. Tesis de doctorado. Baja California: Universidad Autónoma De Baja California, Facultad De Ciencias
- Fundación BBVA (2007). Pérdida global de Hábitats costeros, magnitud, causa y consecuencias. Tercer Debate sobre Biología de la Conservación. Madrid.
- García Ríos C. (2008). La costa rocosa. Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico. Departamento de Biología.
- Gobierno de Quintana Roo (2006). Convenio de ordenamiento ecológico del Golfo y el Caribe. 2006-10-04. [En línea]. Disponible en: <http://www.puertoaventuras.gob.mx/qroo/WebPage.php?Pagina=Nota.php&IdNota=2112>. [Fecha de acceso: 13 de noviembre de 2011].
- Holling, C.S. (1978). Adaptive environmental assessment and management. London: John Wiley and Sons.

- Jaffe B. E., R.E. Smith and A.C. Foxgrover (2006). "Anthropogenic influence on sedimentation and intertidal mudflat change in San Pablo bay, California: 1856-1983". En *Estuarine Coastal and Shelf Science*. Vol. 73, pp. 175-187.
- James J. R. (2000). "From beaches to beach environments: linking the ecology, human-use and management of beaches in Australia". En *Ocean and Coastal Management*. Vol. 43, Australia, pp. 495-514.
- Kane, J. (1972). "A primer for a new cross-impact language KSIM". En *Tech forecasting. Soc. Change*. Vol. 4, pp. 129-142
- Kane, J., W. Thompson and I. Vertinsky (1973). "KSIM: a methodology for interactive resources policy simulation". En *Water Resources Research*. Vol. 9, pp. 65-79
- Keeney, R.L. and H. Raiffa (1976). *Decision with multiples objectives*. New York: John Wiley.
- López-Victoria, M., R. Jaime, K. Cantera, J.M. Díaz, D.M. Rozo y B. Oliva-Posada. (2002). "Estado de las playas en Colombia". En *Programa De Biodiversidad Y Ecosistemas Marinos*. Colombia: BEM, pp. 157-167.
- Lubchenco, J. and B. Menge (1978). "Community development and persistence in a low rocky intertidal zone". En *Ecological Monographs*. Vol. 59, pp. 67-94.
- Magaña L. A., A.L. Magaña, F.J. Cornu y E.G. Silva (2004). "El evento erosivo de la playa de Mismaloya, Jalisco, México". En *Ciencias Marinas*, Vol. 30, núm. 3, pp.417-425.
- Páez, A. (2000). "Desarrollo humano, huella ecológica y exclusión: el regreso de la agricultura". En *Mad (Universidad de Chile)*. Vol. 3, pp. 1- 20.
- Sotelo L. S. and A.M. Moliner (2003). "Perception and environmental knowledge across Quintana Roo's coast: a poll-based characterization". En *Investigaciones Geográficas*. Vol. 52. México: UNAM, pp.99-116.



***FICHA BIBLIOGRÁFICA:***

Torruco-Gómez, D. *et al.* Las playas de Quintana Roo:  
sus riesgos y vulnerabilidad.  
El Periplo Sustentable. México:  
Universidad Autónoma del Estado de México,  
enero/junio 2013, núm. 24  
<[http://www.uaemex.mx/plin/psus/periplo24/articulo\\_06.pdf](http://www.uaemex.mx/plin/psus/periplo24/articulo_06.pdf)>.  
[ISSN: 1870-9036].