

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/311583161>

Problemática ambiental en la gestión costera – marina

Chapter · January 2010

CITATIONS

4

READS

187

3 authors, including:



[Arturo Carranza-Edwards](#)

Universidad Nacional Autónoma de México

7 PUBLICATIONS 130 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Ana Pilar Marin](#)

Universidad Autónoma del Carmen

1 PUBLICATION 4 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Provenance of beach sands in one Tabasco's beach. [View project](#)

Carranza Edwards, A., A.P. Marín Guzmán, y L. Rosales Hoz, 2010. Problemática ambiental en la gestión costera-marina, p. 89-100. En: E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche Gual y G.J. Villalobos-Zapata (eds.). Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino. Universidad Autónoma de Campeche CETYS-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche. 944 p.

CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO UN ENFOQUE COSTERO Y MARINO

Elementos ambientales para tomadores de decisiones

Problemática ambiental en la gestión costera-marina

Arturo Carranza Edwards, Ana Pilar Marín Guzmán y Leticia Rosales Hoz

RESUMEN

En la gestión costera-marina se necesita considerar la problemática ambiental tratando de encontrar la causa original de los problemas ambientales para así poder darles atención. El crecimiento exponencial demográfico del planeta es la causa primera y por ello es la primera que debe atenderse. Las manchas urbanas en las zonas costeras, la retención artificial de sedimentos, la contaminación y el cambio climático global se incrementan en función directa del crecimiento poblacional de la Tierra. Por ello, es fundamental crear conciencia para la planeación del crecimiento demográfico.

INTRODUCCIÓN

Los litorales se pueden dividir en litorales rocosos y litorales no rocosos. Los litorales no rocosos pueden estar constituidos por gravas, arenas o lodos. En el ambiente de playa normalmente la energía del oleaje solo permite que se depositen arenas.

Las playas son acumulaciones de material no consolidado, normalmente constituido por arenas, en las zonas costeras (Komar, 1976). Dentro de la gestión costera-marina es uno de los ambientes más sensibles a un mal manejo ambiental.

El límite superior de las playas está dado por el dominio terrestre y puede estar constituido por vegetación, dunas activas, dunas estabilizadas, arbustos e incluso construcciones adyacentes a las playas. En cambio el límite hacia el mar está constituido por el contacto entre el ambiente de playa y el ambiente de plataforma continental. Este límite es altamente variable dado que las acumulaciones no consolidadas entrarán en movimiento cuando la ola “siente” el piso marino. En este momento las partículas del fondo sufren un movimiento de traslación mar-tierra, tierra-mar. Dependiendo del ángulo que tenga el tren de oleaje con respecto a la línea de costa será que el transporte litoral se iniciará en una dirección o en otra. Si el tren de oleaje no forma un ángulo con la línea de playa, entonces el transporte será perpendicular a la línea de costa, en cuyo caso es frecuente observar cuspidos “*beach cusps*” (Shepard, 1967) que favorecen las corrientes de retorno, tan peligrosas para los bañistas.

En la porción profunda de la playa conocida como infraplaya (Carranza-Edwards y Caso-Chávez, 1994; Carranza-Edwards, 2001; Carranza-Edwards *et al.*, 2004) las partículas tenderán a ser más finas que en la porción somera, en la cual el oleaje y las corrientes litorales imprimen una mayor energía a la playa que será responsable de que en la porción somera de infraplaya se presenten partículas más gruesas. De esta manera la infraplaya presenta la tendencia a sedimentos finos a profundidad y sedimentos gruesos en la zona de rompientes. En condiciones de tormentas severas el mar puede transportar hacia tierra gravas del tamaño de peñascos impactándose con gran fuerza en las construcciones costeras (figura 1). Un caso más espectacular fue el del buque pesquero cubano Portachenera I, que se impactó contra un hotel de Cancún en septiembre de 1988 cuando el Huracán Gilberto alcanzó una magnitud de 5 en la escala Zaffir-Simpson.

En contraste, en la plataforma continental somera las partículas más finas tenderán a depositarse. No obstante cuando se presentan condiciones de tormentas o de tsunamis, la porción somera de la plataforma continental pasará a ser parte de la infraplaya. Y los sedimentos finos que se encontraban en reposo entrarán en movimiento pudiendo alcanzar las partes altas de la playa generándose fuertes variaciones sedimentológicas y químicas con un consecuente impacto hacia la fauna bentónica de las playas.

El objetivo de este capítulo es destacar la importancia de conservar en buenas condiciones las porciones más someras de la plataforma continental para propiciar la existencia de playas limpias de contaminantes.



Figura 1. La remoción de sedimentos finos, en ocasiones cargados de contaminantes, está en función del tamaño de ola. Incluso grandes bloques de rocas son lanzados hacia la costa en épocas de tormentas.

PROBLEMÁTICA GENERADA POR DIVERSAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS

De acuerdo con McFalls (1991) y Keller (1996) la población mundial continúa en crecimiento (figura 2) y como consecuencia las zonas costeras empiezan a recibir un mayor impacto por desarrollos demográficos acelerados. Aún cuando los impactos antrópicos pueden ser muy numerosos y diversos, aquí solamente se consideran a continuación algunos de los más importantes.

EL CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN COMO FUENTE ORIGINAL DE TODOS LOS PROBLEMAS AMBIENTALES

Nuestro planeta es finito. Si no lo fuese, quizá el desarrollo sustentable sería ilimitado. La realidad es otra: a medida que crece la población mundial, todos y cada uno de los diversos ambientes naturales se verán afectados tarde o temprano por las actividades de los habitantes de la Tierra.

En la figura 2 se aprecia un abrupto cambio en la pendiente de la curva de crecimiento demográfico a nivel mundial, este quiebre en la pendiente tiene lugar aproximadamente en la época de la Revolución Industrial, que también fue una época en que la ciencia y la tecnología se empezaron a desarrollar. Este desarrollo ha sido cada vez más espectacular en tal forma que esta curva en su pendiente más inclinada tiende a ser casi vertical. No obstante se puede considerar

que las ciencias sociales no han podido impactar en poner un alto al crecimiento poblacional.

¿Qué pasa cuando hay exceso de población? Evidentemente habrá una mayor demanda de recursos naturales tanto renovables como no renovables.

El consumo de recursos naturales normalmente se manifiesta por cambios en el uso de suelo. Esto es, el terreno boscoso se pierde para dar lugar a terreno agrícola el cual es sustituido por un uso de suelo urbano y/o industrial (figura 3). La consecuencia de esto es que en las zonas montañosas la infiltración va a disminuir debido a que las raíces de los árboles que fueron eliminados ya no retendrán el agua en el suelo, de esta manera disminuye la infiltración y crece el escurrimiento.

Los sedimentos erosionados serán de partículas finas (el limo es uno de los componentes más abundantes del suelo vegetal) y además durante su transporte hacia la costa el tamaño de partícula disminuirá aún más, en tal forma que llegarán sedimentos más finos hacia el mar, los cuales no podrán ser retenidos en la playa dada la alta energía de este ambiente. La resultante obtenida se puede traducir como que la playa será más angosta y la erosión será mayor. Este daño ambiental no solo afecta a especies como las tortugas sino que la infraestructura turística también será vulnerable. La curva de deterioro ambiental sería inversa a la del crecimiento de la población y el daño tenderá a ser también exponencial y posiblemente irreversible.

EFFECTOS DE LA MANCHA URBANA SOBRE LOS SEDIMENTOS NO CONSOLIDADOS DE LAS LLANURAS COSTERAS PRÓXIMAS A LAS PLAYAS

Los aluviones del cuaternario son materiales permeables que permiten la infiltración de aguas pluviales. Estas infiltraciones son responsables de que el nivel freático se encuentre próximo a

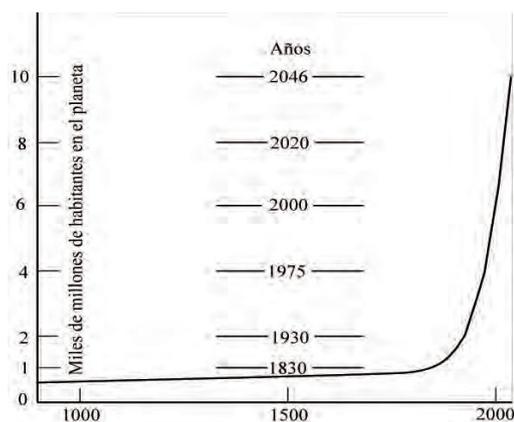


Figura 2. Curva que representa el crecimiento exponencial de la población del planeta (modificado de McFalls, 1991; Keller 1996).



Figura 3. Ejemplos de cambios en el uso de suelo. Vista desde las pirámides de Teotenango, Mex. Se aprecian diversos usos de suelo (urbano, agrícola, boscoso).

la superficie del terreno. Cuando grandes regiones de estas llanuras quedan cubiertas por las “manchas” urbanas se reduce o disminuye la infiltración (figura 4) y se incrementa el escurrimiento y las aguas pluviales llegan al mar por tuberías, canales o escurrimientos directos, etc. Esto trae como consecuencia que el nivel freático descenderá de manera continua hasta que el nivel de las aguas salinas del mar y el nivel de las aguas dulces freáticas coincidan; entonces se favorece la formación de intrusiones salinas tierra adentro. Si además hay bombeo de pozos en acuíferos libres, la salinización de los terrenos próximos al mar se incrementará tanto que puede ser irreversible. Cuando se presenta la salinización de las zonas costeras se afecta incluso el crecimiento de la vegetación (figura 5).

RETENCIÓN DE SEDIMENTOS LITORALES DEBIDO A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

En las playas hay un balance entre erosión y depósito (figura 6). Si este balance se pierde entonces se presenta un “dogma científico”, *i.e.* a toda erosión corresponde un depósito y a todo depósito corresponde una erosión. En ocasiones la construcción de espigones, escolleras, marinas, muelles, etc., constituyen barreras al transporte natural de los sedimentos litorales. En estos casos el fenómeno de retención de sedimentos tendrá lugar (Marín y Carranza, en prensa) y de un lado de la playa puede haber ensanchamiento mientras que en el otro el adelgazamiento puede en ocasiones hacer que la playa desaparezca con el consecuente daño a la fauna litoral y a las propias obras de infraestructura en zonas costeras (figura 7). Un dogma (científico) es que si en una localidad se presenta erosión en otra habrá depósito y viceversa (Carranza-Edwards,

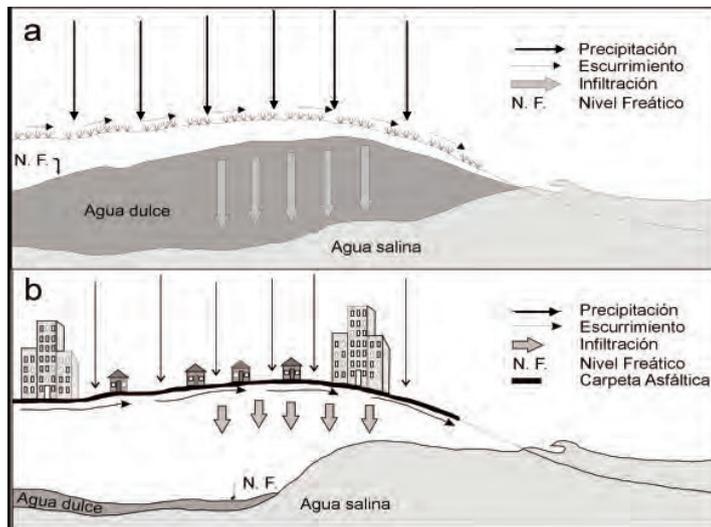


Figura 4. Este croquis representa el efecto que puede tener nivel freático de un acuífero costero cuando el crecimiento de la mancha urbana disminuye las infiltraciones e incrementa los escurrimientos. a) Condiciones naturales del terreno (el riesgo de inundaciones se incrementa). b) Condiciones de terreno urbanizado.



Figura 5. El crecimiento de una palmera inhibido por la salinización del terreno.



Figura 6. En este diagrama se observa una balanza que representa el sensible equilibrio dinámico que debe existir entre la erosión y el depósito.

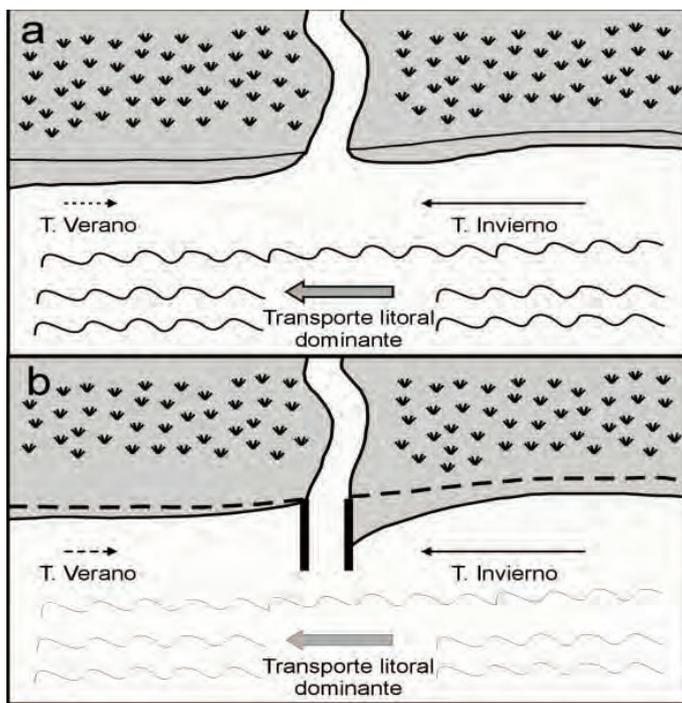


Figura 7. La interrupción del transporte litoral dominante produce erosión a un lado de la barrera constituida por las escolleras y depósito en el otro lado.

en prensa). El mismo efecto que se produce por la presencia de escolleras se puede producir por tuberías que descansan sobre la superficie del piso de la playa sumergida o bien por la construcción de marinas, canales o puertos que también afectarán el transporte litoral natural.

Es muy importante tomar en cuenta que a medida que las actividades antrópicas crecen se presentará una relación directa con el daño ambiental de las zonas costeras. En la figura 8 se presenta un semáforo ambiental que indica que en el pasado existió un ambiente, en el presente un medio ambiente y de no regresarse a las condiciones previas, entonces se llegará en el futuro a $\frac{1}{4}$ de ambiente. Así como existen semáforos volcánicos, sería conveniente desarrollar semáforos ambientales con rangos variables tal vez desde 1 hasta 10, donde el 1 representaría un desarrollo sustentable.

Carranza (en prensa) señala que el represamiento de los ríos en tierras altas e incluso distantes de la costa, retendrá los sedimentos más gruesos en las regiones próximas a la desembocadura de los ríos en dichas presas. Entonces los sedimentos que llegarán al mar serán también más finos, las playas reducirán su anchura y los sitios de anidación de tortugas por ejemplo irán desapareciendo (Martínez Correa, 2010).

En el caso particular del Sistema Arrecifal Veracruzano se ha perdido aparentemente la presencia de un delta sumergido que aparece en mapas antiguos y en estudios más recientes ese delta ya no se observa (Rosales-Hoz *et al.*, 2007, 2009; Marín-Guzmán, 2009). Dado el represamiento aguas arriba del río Jamapa, los sedimentos que llegan al mar son más finos y el daño potencial que pueden producir en los corales es enorme.

VERTIMIENTO DE CONTAMINANTES EN EL MAR

La contaminación por metales pesados en los ríos que drenan hacia el mar es un problema muy serio pues el almacenamiento de estos metales no necesariamente se va a manifestar directamente en el río, ya que se encuentran en tránsito. Los ríos al llegar al mar van a ir cargados con sedimentos lodosos y con metales pesados, los cuales no se van a depositar en las aguas someras que de manera continua son removidas por el oleaje y las corrientes litorales. El destino “final” será en aguas profundas donde los sedimentos lodosos (limos y arcillas) se depositarán en aguas más profundas donde el tiempo de residencia se incrementa, de esta manera los metales pesados se irán incorporando paulatinamente en los sedimentos finos del fondo marino.

Un ejemplo que se puede citar es el del río Pánuco, que en realidad nace desde la Ciudad de México donde los colectores de aguas negras llevan sus aguas hacia el río Tula, de ahí pasan al río Moctezuma y finalmente al río Pánuco. En época de tormentas los sedimentos más finos pueden ser removidos y arrojados contra la playa produciendo contaminación de playas limpias.

Las aguas de la desembocadura de este río también se alimentan con aguas potencialmente contaminadas de las lagunas costeras asociadas. En la figura 9 se observan las concentraciones de cobre en la plataforma continental interna y se aprecia que la concentración mayor que 20 ppm de Cu se ubica en profundidades menores que 40 m. ¿Puede haber deterioro ambiental



Figura 8. El Semáforo Ambiental. Si en el presente las actividades antrópicas no son sustentables la calidad ambiental disminuirá irremediablemente en el futuro.

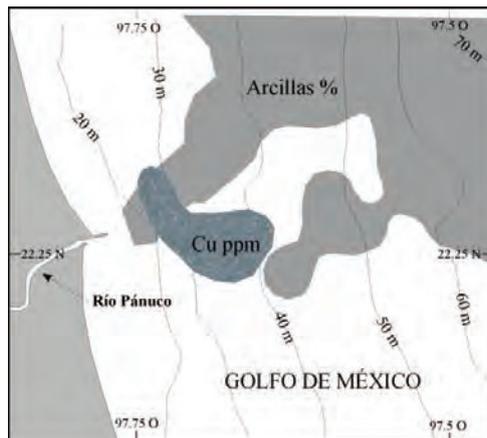


Figura 9. El río Pánuco arroja diversos metales pesados. El Cu se encuentra en concentraciones superiores a 20 ppm en profundidades comprendidas entre 20 m y 40 m. La arcilla aparece sombreada en concentraciones mayores que 20 %. (Batimetría modificada de Rosales *et al.*, 2005).

en las playas en época de tormentas o de tsunamis? Es muy probable que esto suceda ya que en estos casos habrá una mayor longitud de ola que removerá las partículas más finas que se habían depositado en aguas profundas, pues estas entrarán en movimiento y serán llevadas hacia la playa, como sucede con sedimentos de plataforma en época de nortes (fondos arenosos) y de lluvias (fondos lodosos) en la plataforma adyacente al río Papaloapan (Gómez Rocha, 2010). Es entonces cuando el daño producido a la naturaleza es devuelto hacia las poblaciones costeras. Es por ello que la basura y la contaminación no deben esconderse en el mar como si se tratara de una alfombra. Esto obliga a que las aguas fluviales lleguen siempre limpias al mar las 24 horas del día y no solamente durante el día.

VULNERABILIDAD DE PLAYAS INCREMENTADA POR LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL

El calentamiento global que sufre nuestro planeta, principalmente por el exceso de CO₂ en la atmósfera, produce el deshielo de los casquetes polares de manera exponencial. Recordemos que también es exponencial el crecimiento de la población del planeta.

El frente de los glaciales de Alaska (figura 10) retrocede año con año y es una evidencia directa del efecto invernadero.

Este fenómeno tiene una causa antrópica, la cual aunada con los problemas ambientales ya mencionados nos enfrenta a un panorama ambiental aún más adverso, ya que al derretirse los casquetes polares el nivel del mar asciende y entonces la erosión de las zonas costeras de me-



Figura 10. Deshielo de un glaciar en fiordos de Alaska. Los efectos antrópicos ya existentes se verán amplificados por el ascenso del nivel del mar. Para escala obsérvese el buque de varias cubiertas que se encuentra en el centro inferior de la fotografía.

nor pendiente será más dramática que la erosión de zonas costeras con un relieve montañoso próximo a la línea de playa. Ahora más que nunca resulta fundamental realizar monitoreos continuos a lo largo de los litorales mexicanos, al menos en las áreas más industrializadas, turísticas y pobladas.

Paralelamente con este monitoreo es muy recomendable que las nuevas obras de infraestructura en regiones costeras realicen pronósticos erosivos a corto, mediano y largo plazo y establecer líneas de retroceso costero en función de esos plazos, como es sugerido por Keller (1996).

Aparentemente el cambio climático es causante de que las trayectorias de huracanes en el Golfo de México con el tiempo vayan siendo más numerosas, de mayor magnitud y más desplazadas hacia el sur del Golfo y Caribe (Carranza-Edwards, *et al*, 2004), que son regiones prioritarias para nuestro país por el desarrollo petrolero, pesquero, turístico y urbano.

CONCLUSIONES

El deterioro ambiental en playas se relaciona directamente con el exceso de la población, que es la causa original de la problemática ambiental a nivel global. Por ello todos los países deben hacer un esfuerzo para planificar el crecimiento de la población de manera racional.

El crecimiento de las ciudades costeras produce una disminución en la recarga de los acuíferos libres y un incremento del escurrimiento sobre la superficie del terreno por el efecto de las construcciones y carpetas asfálticas o de cemento. Es prioritario que el piso urbano se construya en tal forma que se impida la modificación de la infiltración de las aguas pluviales. En pisos

ya construidos se recomienda su reemplazamiento por materiales permeables que permitan el libre flujo de las infiltraciones de agua dulce.

La construcción de infraestructuras en costas que modifiquen el transporte litoral (*e.g.* escolleras, marinas, tuberías sobre el piso marino, etc.) es responsable de la interrupción del transporte litoral de sedimentos produciéndose una disminución en el ancho de las playas.

El represamiento de ríos produce que las playas también se angosten y que los ríos aporten sedimentos más finos que no son constructores de playas. Es fundamental resolver el problema complejo de la retención de sedimentos gruesos en los represamientos, ya que su consecuencia impacta tanto a sitios de anidación de tortugas como a la calidad de las aguas en zonas arrecifales.

El vertimiento de aguas contaminadas hacia el mar no se siente directamente en la playa sino que se favorece hacia partes profundas donde existen condiciones para la depositación de contaminantes asociados con partículas finas para evitar que en épocas de tormentas estos contaminantes vayan hacia la playa, se debe lograr que las aguas vertidas al mar sean libres de metales todo el tiempo.

El cambio climático global al producir deshielos de casquetes polares y glaciares, produce una elevación del nivel del mar que será más notorio en las regiones de muy bajo relieve donde las pendientes son próximas a la horizontal y esto se da tanto en costas del Golfo de México y el Caribe como en la llanura costera de los estados de Sinaloa y Sonora, así como en la llanura costera occidental de la península de la Baja California.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a las autoridades del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México, al Centro EPOMEX de la Universidad Autónoma de Campeche y a la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Campeche por el apoyo y las facilidades brindadas para la realización de este trabajo. Se agradece al M. en C. Eduardo Morales de la Garza y a la QFB. Susana Santiago Pérez por su apoyo con los análisis de laboratorio. A la tripulación del B/O Justo Sierra por su valiosa colaboración durante los muestreos.

LITERATURA CITADA

- Carranza-Edwards, A., 2001. Grain size and sorting in modern beach sands. *Journal of Coastal Research*, 17(1):38-52.
- Carranza-Edwards, A. y M. Caso Chávez, 1994. Zonificación del perfil de playa. *Geo-UNAM*, 2 (2):26-32.
- Carranza Edwards A., L. Rosales Hoz, M. Caso Chávez, E. Morales de la Garza, 2004. La Geología Ambiental de la Zona Litoral. Volumen I: 573-602. En: M. Caso, I. Pisanty y E. Ezcurra (Comp.). Diagnostico Ambiental del Golfo de México. Semarnat-INE, Instituto de Ecología, A.C. y Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies.

- Carranza, A. (en prensa). Causas y consecuencias de la erosión de playas. Año Internacional del Planeta Tierra. Publicado en línea en Publica tu Obra.
- Komar, P. D., 1976. *Beach Processes and Sedimentation*. Prentice-Hall, New Jersey, 429 p.
- Marín Guzmán, A. P., 2009. Estudio de sedimentos superficiales de la plataforma continental somera, frente al Río Jamapa, Veracruz, México. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Marín A. P. y A. Carranza (en prensa). Inferencia de transporte litoral dominante en el Golfo de México. Año Internacional del Planeta Tierra.
- Gómez Rocha G., 2010. Estudio sedimentológico de la plataforma continental somera en el suroeste del Golfo de México, adyacente al río Papaloapan. Maestría en Ciencias del Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Keller, E. A., 1996. *Environmental Geology*. Ed. Prentice-Hall.
- McFalls A. Jr., 1991. Population: A lively introduction. *Population Bulletin*, 46(2): 4.
- Martínez Correa, J. R., 2010. Importancia de la textura de los sedimentos de playa y su relación con anidaciones de tortugas marinas mexicanas. Tesis de Licenciatura de la Facultad de Ciencias, Carrera de Biólogo.
- Rosales Hoz L., A. Carranza Edwards, S. Santiago Pérez, y E. Morales de la Garza, 2005. Spatial trends in the geochemical composition of sediments in the Pánuco River discharge area, Gulf of Mexico. *Environmental Geology*, 48:496-506.
- Rosales-Hoz L., Carranza-Edwards A. y O. Celis Hernández, 2007. Environmental implications of heavy metals in surface sediments near Isla de Sacrificios, Mexico. *Bull Environ Contam Toxicol* (2007) 78:353-357.
- Rosales-Hoz, L., A. Carranza-Edwards, L. San Vicente-Añorve, M. A. Alatorre-Mendieta, y F. Rivera-Ramírez, 2009. Distribution of dissolved trace metals around a coral reef in southwestern Gulf of Mexico. *Bull. Environ. Cont. Toxicol.*, (2009) 83: 713-719.
- Shepard, F. P., 1967. *Submarine Geology*, Harper and Row, New York.