



InterSedes: Revista de las Sedes Regionales

ISSN: 2215-2458

intersed@cariari.ucr.ac.cr

Universidad de Costa Rica

Costa Rica

Lizano R., Omar G.

Erosión en las playas de Costa Rica, incluyendo la Isla del Coco

InterSedes: Revista de las Sedes Regionales, vol. XIV, núm. 27, 2013, pp. 6-27

Universidad de Costa Rica

Ciudad Universitaria Carlos Monge Alfaro, Costa Rica

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66627452001>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

INTERSEDES

Revista Electrónica de las Sedes Regionales de la Universidad de Costa Rica



Vista aérea de manglar de Sierpe. Boca Zacate.

Erosión en las playas de Costa Rica, incluyendo la Isla del Coco

Omar G. Lizano R.

www.intersedes.ucr.ac.cr

ISSN 2215-2458

Vol. XIV, N°27 (2013)

Consejo Editorial Revista InterSedes

Director de la Revista:
Dr. Edgar Solano Muñoz. Sede de Guanacaste

Consejo Editorial:

M.Sc. Jorge Bartels Villanueva. Sede del Pacífico. Economía
M.Sc. Oriester Abarca. Sede del Pacífico. Derecho. Filosofía
Dra. Ethel García. Sede de Occidente. Historia.
Dra. Magdalena Vásquez. Sede Occidente. Literatura
M.L. Guillermo González . Sede Atlántico. Filología
M.Ph. Jimmy Washburn. Sede Atlántico. Filosofía. Bioética
M.L. Mainor González Calvo. Sede Guanacaste. Filología
Ing. Ivonne Lepe Jorquera. Sede Limón. Administración. Turismo
Dra. Ligia Carvajal. Sede Limón. Historia

Editor Técnico: Bach. David Alonso Chavarría Gutiérrez. Sede Guanacaste.
Editora: Sigrid Orellana Villafuerte. Sede Guanacaste

Fotografía de caratula: Manglar Boca de Sierpe. Cortesía Omar Lizano.

Consejo Científico Internacional

Dr. Raúl Fornet-Betancourt. Universidad de Bremen, Alemania.
Dra. Pilar J. García Saura. Universidad de Murcia.
Dr. Werner Mackenbach. Universidad de Potsdam, Alemania. Universidad de Costa Rica.
Dra. Gabriela Marín Raventós. Universidad de Costa Rica.
Dr. Mario A. Nájera. Universidad de Guadalajara, México.
Dr. Xulio Pardelles De Blas. Universidad de Vigo, España.
M.Sc. Juan Manuel Villasuso. Universidad de Costa Rica.

Indexación: Latindex / Redalyc/ SciELO

Licencia de Creative Commons

Revista Electrónica de las Sedes Regionales de la Universidad de Costa Rica, todos los derechos reservados.

Intersedes por intersedes.ucr.ac.cr está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Costa Rica License.



Erosión en las playas de Costa Rica, incluyendo la Isla del Coco

Beach erosion of Costa Rica, including Coco Island ¹

Omar G. Lizano R. ²

Recibido: 12.03.13

Aprobado: 30.04.13

Resumen

La mayoría de las playas de Costa Rica, tanto en el Pacífico (incluyendo la Isla del Coco), como en el Caribe, experimentan procesos de erosión. Algunos lugares que se encuentran en playas abiertas muestran erosión más acelerada y requieren acción inmediata, mientras que playas hacia el interior de bahía o golfos, aunque también evidencian cambios en su morfología, los procesos son más lentos y no requieren aún medidas correctivas. Se discute tanto sobre los distintos procesos océano-meteorológicos que están asociados a los procesos de erosión, como mareas astronómicas y oleajes extraordinarios, el Fenómeno de El Niño y calentamiento global antropogénico. Se relacionan también estos procesos a posibles efectos geodinámicos que han ocurrido, o están ocurriendo, en ambas costas. Nuevos estudios sobre proyecciones del nivel del mar indican un peor escenario en los próximos 100 años, por lo que urge tomar acciones ante el eminente cambio climático antropogénico. Se recomienda un estudio más detallado, playa por playa, que determine el estado erosión o acreción de las mismas, y un monitoreo permanente en algunas zonas donde la erosión es acelerada, especialmente en algunas flechas de arena muy sensibles a los impactos costeros. Pero lo más importantes es que los entes gubernamentales, relacionados directa o indirectamente con esta problemática, primero acepten que este es un fenómeno que ya se está dando en nuestro país, de manera que se generen los recursos y medidas políticas necesarias para enfrentar el problema, pero que además, se sensibilice a la población sobre los procesos oceánicos que se avecinan.

Palabras clave: erosión costera, nivel del mar, calentamiento global, Zona Marítima Terrestre, Isla del Coco, Costa Rica

¹ El autor desea agradecer a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica y a la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) por el apoyo en el Proyecto no. 808-A7-166.

² Costarricense. Oceanógrafo. Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI), Departamento de Física Atmosférica, Oceánica y Planetaria (DFAOP), Escuela de Física, Universidad de Costa Rica. San José 11501-2060, Costa Rica. Fax: (506) 207-3280. Email: omar.lizano@ucr.ac.cr.

Abstract

Most of the beaches of Costa Rica, both on the Pacific (including Cocos Island) and Caribbean coasts, experiencing erosion processes. Some places on open beaches show more accelerated erosion and require immediate action, while beaches into the bay or gulf, also show changes in morphology, but processes are slower and still do not require further corrective action. It's discuss the ocean-meteorological processes that are associated to erosion, like extraordinary astronomical tides and waves, the phenomenon of El Niño and anthropogenic global warming. Also it's relate to geodynamic processes that have occurred or are occurring on both coasts. New studies on sea-level projections indicate a worse scenario in the next 100 years, so that urgent action before the eminent anthropogenic climate change. We recommend further study, beach by beach, in order to determine the erosion or accretion state, and make monitoring in some areas where erosion is accelerated, especially in some very sensitive coastal impact places like sand spits and barrier islands. But the most important is that government entities, directly or indirectly related to this issue, first accept that this is a phenomenon that is occurring in our country, so as to generate the resources and the necessary policies to address the problem, but also sensitize the public about ocean processes ahead.

Key Words: coastal erosion, sea level, global warming, Maritime Terrestrial Zone, Coco Island Costa Rica.

Introducción

Durante el máximo de la última era glacial, hace aproximadamente 20 mil años (Gornitz, 1995, 385) el mar era 120 m más bajo del nivel actual. Un menor incremento del nivel del mar en los últimos 3000 años permitió estabilizar un poco más los bordes costeros (Cayan et al. 2004, 58). Con el nacimiento de la era industrial a principios del siglo XX, los niveles del mar comenzaron a incrementarse más rápidamente (Hunter, 2010, 332). En el 2007 el Panel intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, 2007, 3) argumentó que en los pasados 100 años el nivel del mar había incrementado 20 cm, y que en los próximos 100 años, el nivel del mar será de entre 0.5 a 1.0 m mayor que el nivel en 1990. La comunidad científica internacional ha declarado que la mayoría de los bordes costeros mundiales, están en estado de erosión (Dickson *et al.*, 2007, 142; Cooper et al., 2008, 476, Mokrech *et al.* 2008, 32). Un 70% de las playas de arena están retrocediendo (Gornitz, 1995, 385). Islas y Cayos en el Océano Pacífico han sido declaradas en riesgo de inundación por el aumento del nivel del mar (Leatherman, 1977, 4, 96). Esto es producto de un cambio climático global producto de actividad antropogénica, en el que el derretimiento de los casquetes polares y la expansión térmica del agua, contribuyen cada vez más con mayores niveles del mar (Nicholls *et al.*, 2010, 1517). Pero también hay otras componentes mareográficas y atmosféricas que están cambiando. Se sabe en algunas regiones está aumentando la velocidad de los vientos (Anónimo, 2010-a), lo cual aumenta la altura de las olas (Lizano, 2007-a). También se pronostica una mayor intensidad de los ciclones tropicales (Alfaro, 2007, 2; Pielke, 2005, 1572; Knutson, 1998, 1018).

Esto involucra una mayor altura de ola, que junto con una mayor marejada de huracán (apilamiento de agua sobre las costas, Sorensen (1978, 95)), mayor impactando tierra adentro se podría generar (Lizano y Lizano 2011, 219). El fenómeno de El Niño es otra componente mareográfica que aumenta el nivel del mar, que junto con las mareas astronómicas, producen los niveles del mar adecuados para que el oleaje inicie o acelere los procesos de erosión en una playa (Lizano, 1997, 176; 2001,). El mayor desastre costero se puede generar cuanto estos fenómenos se superponen (Lizano, 1997, 177; 2001, 175). De suerte que en el pasado, la frecuencia con que esto ha sucedido es baja. Pero esto podría estar cambiando (Grant, 1981, 318; Fetzek, 2009, 2). La realidad es que cada vez son más frecuentes la presencia de eventos extremos (Miller, 2012, 30; Anónimo, 2012) y la superposición de estos fenómenos juntos: El Niño, mareas extraordinarias, tormentas, oleajes extraordinarios, etc. Si a esto le agregamos la posibilidad de un tsunami, el escenario no podría ser menos alentador y catastrófico para nuestras regiones costeras.

La tectónica de placas genera una geodinámica costera que también juega un papel importante en los procesos de erosión, pues contribuye con hundimientos o levantamientos en la costa. Estos procesos han sido identificados en nuestras costas, tanto en el Pacífico, como en el Caribe (Denyer *et al.*, 2004, 29; Cárdenas, 2003, 73, Amador *et al.*, 1994, 160; Cortés *et al.*, 1994, 187; Protti, 2007).

Pero en nuestras costas no solo ha habido cambios en los procesos oceánicos, sino que también en los procesos tierra adentro (Lizano, 1997, 176; Lizano y Salas, 2001, 176). El diferente manejo de las cuencas hidrográficas ha cambiado la cantidad y la calidad de los sedimentos que llegan al mar. Al contaminar los mares, también estamos eliminando otra fuente de sedimentos: los organismos marinos. Los cambios en los usos de la tierra han hecho que la cobertura del manglar sea cada vez menor (Cárdenas, 2003, 72). Con esto eliminamos no solo uno de los hábitats biológico más importantes (Jiménez, 1994, 73), sino que el efecto amortiguador del oleaje que estos tienen durante las tormentas marinas (Zamara, 2006, 25). También se argumenta de la posible acidificación del mar debido al aumento del dióxido de carbono en la atmósfera (Hoegh-Guldberg *et al.*, 2007, 1737). La acidez del mar (PH) tiene relación con las concentraciones de carbonato de calcio en el agua. El carbonato de calcio es la materia prima para la formación de muchos organismos marinos, que van desde el plancton, algas marinas, hasta las conchas, caracoles (Broun *et al.* 1991, 8). Pero más importante aún, esto tiene que ver con la formación de estructuras coralinas (Broun *et al.* 1991, 8). Estas últimas estarían en riesgo de desaparecer (Hoegh-Guldberg *et al.*, 2007, 1737), y con ello no solo se pierde el potencial económico asociado al arrecife, sino también el efecto amortiguador que estos tienen durante tormentas, tsunamis, huracanes, etc. (Lizano *et al.*, 1993, 95; Cortés y León, 2002, 31).

En este artículo se señalan procesos de erosión en ambas costas de Costa Rica, incluyendo la Isla del Coco. Algunos han sido severos en los últimos años, por lo que se advierte sobre los cambios que se avecinan, de manera que las autoridades respectivas tomen las medidas correspondientes. Aunque es posible que haya movimientos tectónicos en nuestras costas como lo señalan Cárdenes (2003, 73) y Protty (2007), los procesos de erosión en nuestras costas también están ligados al aumento del nivel del mar, ya sea por este fenómeno o por expansión térmica. Nuevos estudios sobre proyecciones del nivel del mar indican un peor escenario en los próximos 100 años (Nicholls & Cazenave, 2010, 1517), por lo que urge tomar acciones ante el eminente cambio climático antropogénico. Es hora de pensar en soluciones a largo plazo y dejar de usar sacos de arena para mitigar los procesos de erosión que se están dando. O tomamos acción ahora, o nos retiramos del mar a unos 300 m de la costa como lo recomienda el estudio de la Contraloría General de la República (Anónimo, 2010-b, 3).

Metodología

Se realizaron visitas a la mayoría de las playas de Costa Rica, Pacífico y Caribe (excepto al Caribe Norte) desde 1997 a la fecha. Durante estas giras se realizaron observaciones de niveles del mar, perfiles de playas, procesos de erosión y/o acreción. Se tiene un banco de fotografías y videos de la mayoría de las playas visitadas, material base para elaborar este artículo. Las mareas máximas de Quepos se extrajeron de un software especializado en predicciones mareales (Lizano, 2006-a, 53). Fotografías aéreas históricas se obtuvieron de Instituto Geográfico Nacional (IGN) de Costa Rica. Fueron georeferenciadas en coordenadas de latitud y longitud (Datum WGS84), y sus bordes se digitalizaron para elaborar la serie temporal de cambio geomorfológico. Imágenes de Google Earth fueron utilizadas para complementar la variaciones geomorfológicas temporales de Palo Seco de Lizano (2007-b, 6), y de Isla Damas de Lizano y Salas (2001, 174).

Resultados

A- El caso de Isla Palo Seco (Parrita) e Isla Damas (Quepos)

Los procesos que han experimentado Palo Seco e Isla Damas han sido intensos últimamente, pero es la misma dinámica que se está dando en otras fechas de arena del Pacífico Central, como en Playa Bejuco, Playa Hermosa (Lizano, 2006-b, 2), y hasta en la punta de Puntarenas (Denyer *et al.*, 2004, 50). En la Figs. 1 se muestra la evolución de estas flechas de arena a través del tiempo. En ambas regiones, es fácil identificar un transporte de sedimentos hacia el

este-sureste, lo cual le ha dado la conformación a ambas islas. Ambas experimentando un proceso dinámico ligado al transporte litoral: corrientes y oleaje en esa dirección.

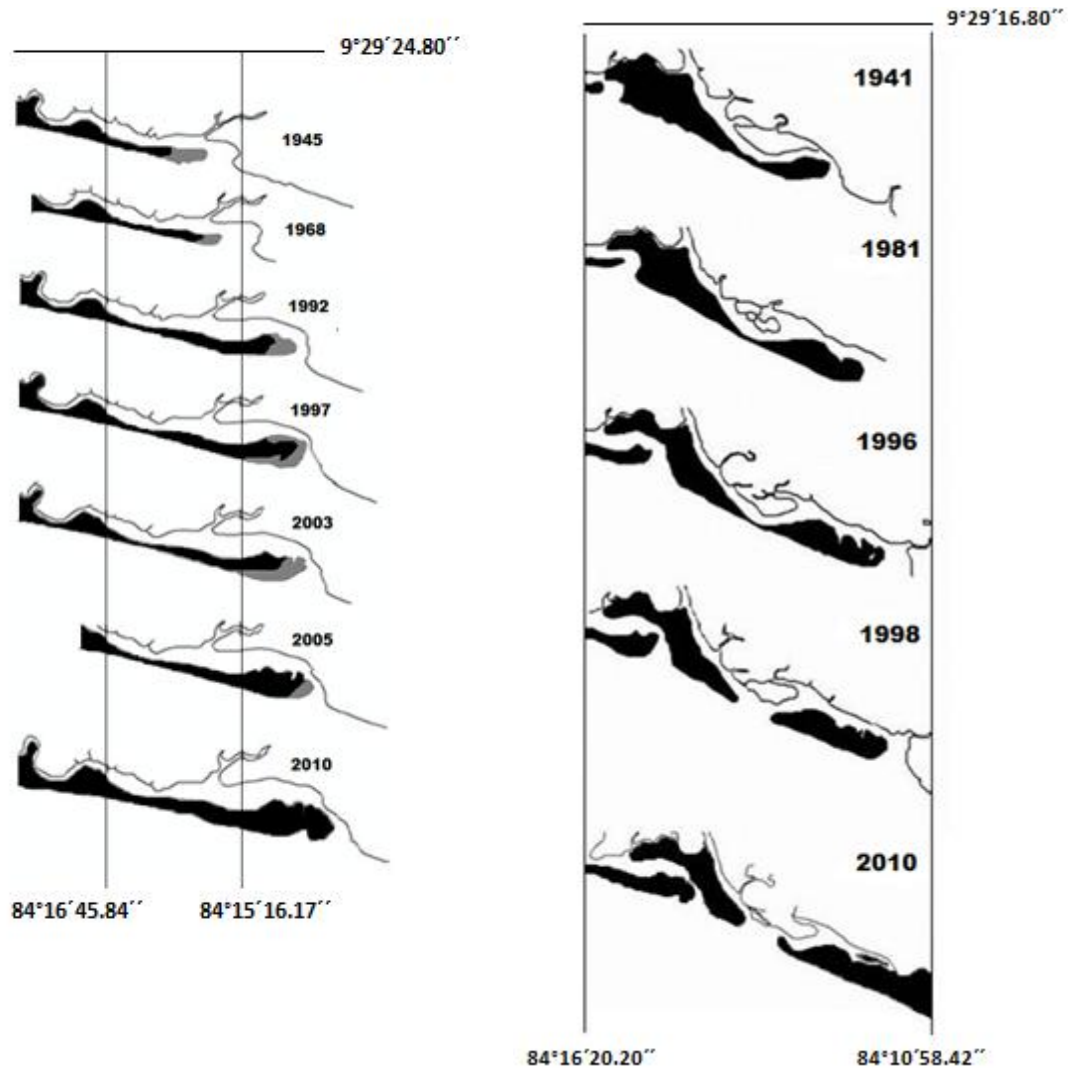


Fig. 1. Reconstrucción histórica de A: Palo Seco y B: Isla Damas.

Es pertinente señalar que el crecimiento de Palo Seco (Fig. 1-A) hacia el este, es a costa de la sección oeste de Isla Damas (Fig. 1-B), la cual disminuye en área cada vez mas. Por otra lado, Isla Damas, que se partió en el 97-98 (Lizano, 1997, 169), Lizano y Salas (2001, 174), continúa acrecentándose hacia el este-sureste. Mientras no se coloquen estructuras en estas playas que

detenga este transporte, los sedimentos se seguirán acumulando en Quepos, sedimentando la bahía, como se ha visto en los últimos años.



Figs. 2. Fotografías de Isla Palo Seco A: tomada el 10 de diciembre del 2006, B y C: tomadas en agosto del 2010, y D: tomada el 23 de marzo del 2011. Tomadas por O.G. Lizano.

Las Figs. 2-A, B, C y D muestran este proceso en Playa Palo Seco. Figs. A y B son aproximadamente en la misma región de la playa. Se evidencia un proceso en aumento a través del tiempo. El nivel de marea alta estaba al menos a 50 metros hace 5 años del camino mostrado en la Fig. 2-D. Es muy probable que con las mareas altas de este año (2011), esta región continúe con el proceso de erosión que ha mostrado a través de los últimos años.

B- Los procesos de erosión en Costa Rica:

Visitas que han realizado investigadores del Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) de la Universidad de Costa Rica a las distintas playas de Costa Rica desde hace 20 años, muestran que en los últimos años hay erosión en la mayoría de las playas del Pacífico

de Costa Rica. Este fenómeno se acentúa más durante los ciclos de las mareas extraordinarias y/o en conjunción con otras componentes mareográficas como el aumento del nivel del mar, el Fenómeno El Niño, tormentas locales y remotas, etc. (Lizano, 1997, 173), Lizano y Lizano (2010, 219), Lizano y Salas (2001, 175).

Pacífico Norte

En setiembre del 2009 se visitaron algunas playas de esta región. El proceso mas evidente de erosión costera se experimenta en Punta Guiones (Fig. 3-B). Se argumenta que esta playa se está hundiendo debido a la subducción de la Placa Cocos en la Fosa Mesoamericana (Protti, 2007). Pero procesos de erosión, aunque menos intensos se pueden ver en Playa Carrillo (Fig. 2-A), Playa Sámara, Playa Nozara, Playa Ostional (Fig. 3-C), Playa Pitaya, Playa Lagarto, Playa Junquillal y Playa Tamarindo (Fig. 3-D), solo para mencionar algunas de las que se visitaron en esta ocasión. El Estero de Junquillal ha experimentado una dinámica de sedimentos intensa en los últimos años, acompañado con un cambio de desembocadura de Boca Venado.



Figs. 3. A: Playa Carrillo, B: Playa Guiones, C: Norte de Playa Ostional, D: Playa Tamarindo tomadas en setiembre del 2009. Tomadas por O.G. Lizano.

La línea de palmeras viejas y el corte o borde en Playa Carrillo que muestra la Fig. 3-A, indica el evidente impacto del oleaje y el estado de erosión de la playa. La destrucción de casas en Playa Guiones es evidente (Fig. 3-B), algunas ya abandonadas. El camino Fig. 3-C sobre la carretera que comunica Playa Ostional con San Juanillo, está en un franco proceso de erosión, y tendrá pronto que reorientarse. Estructuras dentro de la zona pública, con peligro evidente de inundación, se pueden ver aún en Playa Tamarindo (Fig. 3-D).

Pacífico Central

Durante el Fenómeno El Niño del 97-98 se registraron elevaciones adicionales del mar de entre 30 y 60 cm en la costa del Pacífico Central de Costa Rica (Lizano, 1997, 176), Lizano y Salas (2001, 175). En ese mismo año se presentó una de las mareas astronómicas más altas en su ciclo de los 4-5 años (Fig. 4). Esto causó inundación en toda la costa del Pacífico de Costa Rica en períodos alrededor de los equinoccios, que junto con la aparición de oleajes altos, iniciaron procesos de erosión intensos.

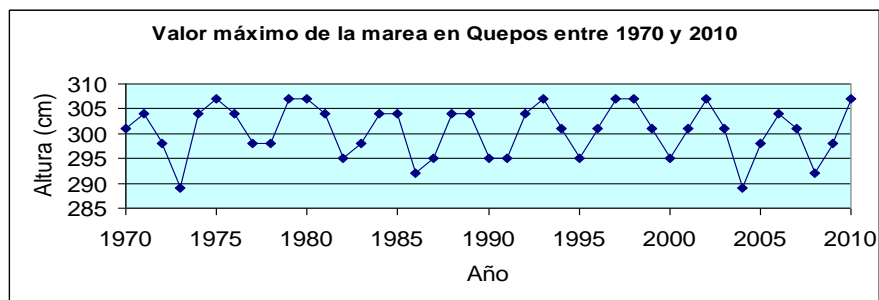


Fig. 4. Predicciones de la altura máxima anual de la marea en Quepos.

En Playa Caldera es frecuente que se rompa el dique construido con arena al noroeste de la playa durante eventos de mareas altas asociados con oleaje altos. Esto produce inundación en el caserío detrás de este dique (Fig. 5-A). También es frecuente que las mareas lleguen a la carretera durante estos eventos (Fig. 5-B). No se produce más impacto en el resto de esta playa porque en algunos tramos se protegen frecuentemente con enrocamientos.



Figs. 5. Fotografías en Playa Caldera, A: caserío detrás del dique en febrero del 2010, y B: desbordamiento del mar en Playa Caldera el 21 de setiembre del 2009. Fotos tomadas por O.G. Lizano.

En Playa Azul, sobre la margen izquierda de la desembocadura del Río Tárcoles (mirando hacia el mar), hay un proceso de erosión severo que se inició hace años, pero que se ha acelerado en los últimos 10 años. Gran cantidad de casas han sido abandonadas y/o devoradas por el mar (Figs. 6-A y 6-B). Sobre el lado derecho, cerca de la desembocadura de este río, hay una erosión muy fuerte (Figs. 6-C). Esto también lo reporta Cárdenas y Obando (2005, 41, 42). Sin embargo, hacia Carrizal de Bajamar, hay una acumulación de sedimentos (acresión), lo cual identifica el sumidero (deposición) de los sedimentos del río, obedeciendo a un cambio en la dinámica del río y/o frente al río desde hace años. Es posible distinguir hasta 7 bermas (Komar, 1976, 12) relícticas en este lugar, indicativos de diferentes estados o períodos de estabilidad de los sedimentos costeros en esta región.



Figs. 6. A y B: fotografías de Playa Azul en febrero del 2010, C: fotografías de destrucción sobre la margen derecha de la desembocadura del Río Tárcoles, y D: fotografía en Carrizal de Bajamar tomadas en setiembre del 2009. Fotos tomadas por O.G. Lizano.

La Playa de Manuel Antonio (entrada del parque), tiene evidente exposición de las raíces de las palmeras e impacto del oleaje sobre la acera que bordea la playa, y esto por supuesto, es un indicativo de que esta playa perdió su perfil de equilibrio (Figs. 7).



Fig. 7- A y B: Fotografías en Playa Espadilla, Manuel Antonio, Quepos, en diciembre del 2009. Fotos tomadas por O.G. Lizano.

Aquí es frecuente (como en otras playas) encontrar sacos de arena para amortiguar las mareas extraordinarias, como muestra la Fig. 5-B, que también se colocan en otras secciones de esta playa (no mostradas aquí).

Pacífico Sur:

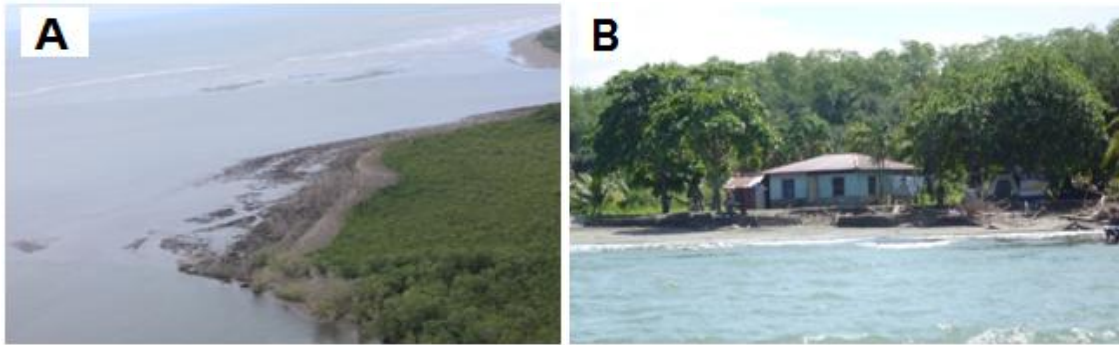
En un estudio entre el 2004 y 2005 de Cárdenas y Obando (2005, 36, 37 y 39) reportan erosión de media a fuerte en playas como: Playa Esterillo Oeste, Central y Este y Playa Hermosa (sur). También erosión muy fuerte en Puerto Escondido, Playa Bejuco, Esterillo Oeste e Isla Damas. En nuestras visitas en el 2009 a algunas playas de esta zona, se identifica un avance en los procesos de erosión en algunas playas. Playa Ballena tiene un perfil de playa muy pronunciado hacia el borde, no tiene berma, esto es indicativo de un perfil de playa en desequilibrio. En Playa Uvita, los residentes señalan que la playa tenía 80-100 m de ancho hace unos 5 años. Hoy en día hay un retroceso evidente en esta playa (Fig. 8-A). Los residentes de Playa Dominical dicen que el mar se está metiendo más año con año. Algunas otras playas como Playa Matapalo, muestra vegetación vieja en sus riberas y la base de las palmeras erosionadas, lo cual es un indicativo de crecientes niveles del mar y de erosión. Las fotos recientes de Esterillos (Fig. 8-B) muestran que este proceso ha continuado y que evidencia un impacto severo sobre las estructuras y los bordes costeros en ese lugar.



Figs. 8. A: Playa Uvita en diciembre del 2009, B: Playa Esterillos Oeste en febrero del 2011. Fotos tomadas por O.G. Lizano.

Otras playas, como Playa Piñuelas o Playa Ventanas, no muestran erosión aún, porque tienen fuentes de sedimentos en riachuelos que desembocan en estos lugares, y porque además son bahías muy cerradas, lo que impide la pérdida (sumidero) de los sedimentos.

En visitas recientes al sistema de manglar Térraba-Sierpe se identificaron procesos severos de erosión, como muestran las Figs. 9. Es evidente la quema (pérdida) del manglar en la Fig 7-A, evidenciando procesos dinámicos cambiantes en la región. En la Fig. 7-B se identifica un muro de cemento destruido frente a la casa.



Figs. 9. A: vista aérea del manglar de Sierpe en Boca Zacate en diciembre del 2010 y B: erosión en la salida del Estero Acapulco (cerca de Playa Guarumal, al noreste de Isla Violines) en febrero del 2011. Fotos tomadas por O.G. Lizano.

En diciembre del 2009 se visitaron las playas desde Punta Burica hasta el interior del Golfo Dulce. Lugares como Punta Banco, Pavones (Fig. 8-A), Playa Langostino, muestran problemas de erosión.



Figs. 10. A: Bahía Pavones, B: Playa Zancudo en diciembre del 2009. Fotos tomadas por O.G. Lizano.

Un proceso distinto se nota en Playa Zancudo, donde el aporte de sedimentos de Río Coto, está acumulando sedimentos sobre la playa, donde se muestra un proceso de acreción (Fig. 8-B), un proceso muy común en la desembocadura de ríos con grandes descargas de sedimentos (Komar, 1976, 229).



Fig. 11. Borde de la carretera paralela a Bahía Golfito el 25 de julio del 2012. Fotos tomadas por O.G. Lizano.

Caribe

En el Caribe se viene dando un proceso de erosión acelerado en Puerto Vargas en el Parque Nacional Cahuita (Lizano y Gonzáles, 2008, 4, 6), como muestra la Fig. 9-A. Algunos lo asocian al deterioro del arrecife en Punta Cahuita (Cortés y Jiménez, 2003, 233; Alvarado *et al.*, 2006, 52) pero podría estar inmerso el aumento del nivel del mar y aumento de energía de olas. Este cambio en el nivel del mar es posible asociarlo al cambio climático, pero también podría deberse a ajustes isostáticos de la región después del terremoto de 1991 (Denyer *et al.* 1994, 39; Amador *et al.* 1994, 160; Jiménez y Cortés, 1994, 193.). Una revisión en la desembocadura del Río Pacuare (Lizano y Morales, 2009, 1) indica que también se experimenta un proceso de erosión en esta zona, asociado posiblemente al manejo de la cuenca adyacente y a los niveles del mar. Algunas de las playas (Fig. 9-B) no muestran desarrollo de vegetación costera joven, y es frecuente encontrar gradas en las playas, como muestra la Fig. 9-B.



Fig. 12. A: fotografía de Puerto Vargas en el Parque Nacional Cahuita, y B: playa al sur de Cieneguita (Limón) en el 2004. C y D: trayecto de Moín hacia Matina, el 30 de junio del 2012. Fotos tomadas por O.G. Lizano.

Un caso contrario a la erosión costera (acresión), se experimenta en Moín. Hay una deposición de sedimentos en esta región, donde es evidente que el mar se retira. Esto fue así después del levantamiento costero del terremoto de Limón de 1991. Aunque las fuentes de los sedimentos estarían aún por identificarse, es posible que el transporte litoral desde el noroeste, y el rompeolas del puerto en Moín, hayan contribuido con este proceso.

Isla del Coco

Durante la expedición UCR-UNA-COCO-III en marzo del 2011 en la Isla del Coco también se observó erosión con la playa de Bahía Wafer, como muestran las Figs. 10. Una grada en la playa y vegetación madura con raíces expuestas, son suficientes para indicar que aquí también se está dando este proceso.



Figs. 13. Fotos del borde costero en Bahía Wafer, Isla del Coco, 31 de marzo del 2011. Fotos tomadas por O.G. Lizano.

Discusión

Utilizando fotografías aéreas desde los años 40, Denyer *et al.* (2004, 50, 51) documenta un continuo cambio en Puntarenas de Puntarenas. Esto también lo encuentra Lizano (1997, 172; 2007-b, 1), Lizano y Salas (2001, 174) en Palo Seco e Isla Damas de Lizano, y registros adicionales que son complementados en este artículo. Un estudio particular de Lizano (2006-b, 3, 4; 2007-b, 5), demuestra que en estas últimas regiones se conjuntaron varios factores: desequilibrio en los procesos de transporte de sedimentos oceánicos y terrestres, aumento en el nivel relativo del mar, aumento en la energía del oleaje, probable hundimiento local debido a la subducción de la Placa Cocos en la Placa Caribe, efectos del Fenómeno El Niño, mareas astronómicas extraordinarias y cambios en las fuentes y sumideros de los sedimentos desde el océano y el continente. Combinaciones de varios de los factores mencionados anteriormente se han dando al mismo tiempo, acelerando así los procesos de erosión costera. Por ejemplo, durante el año 2006, se combinó un oleaje fuerte, una marea astronómicas extraordinarias en el ciclo de los 4-5 años (Lizano y Salas, 2001, 171), y la presencia de fenómeno El Niño (Lizano y Salas, 2001, 175). Aunque débil este último evento, también contribuyó con el aumento del nivel del mar. Durante agosto del 2010 se volvieron a combinar las mareas extraordinarias (Fig. 4) con oleaje fuerte (marejadas desde el Pacífico Sur de nuestro planeta), y continuó el proceso de erosión que se observó en el 2006 en Palo Seco. Un proceso similar a la ruptura de Isla Damas, está por generarse en Palo Seco, esto, si no se toman las medidas pertinentes ahora. Una revisión rápida durante agosto del 2010 a Playa Bejuco, una flecha de arena similar a Palo Seco, y similar a otras flechas de arena como: Isla Damas, Playa Hermosa y Puntarenas, ya evidencia pérdida del perfil (no tiene berma) de playa e indicios de erosión. Esta flecha de arena va por el mismo camino que Palo Seco en los próximos años.

Observaciones que se han hecho en Playa Hermosa (contigua a Playa Jacó), evidencian el mismo problema (Lizano 2006-b, 4 y 5).

Las playas de mayor erosión en el Pacífico de Costa Rica son las que están expuestas al oleaje de mar abierto (no dentro de golfos o bahías). Esto es así, dado a la gran dinámica de sedimentos que generan los oleajes fuertes, los cuales pueden modificar en un corto tiempo cualquier geomorfología costera (Kamphuis, 2000, 258) pues estas regiones son más fácilmente alcanzadas por el oleaje fuerte y tienen pérdida permanente de sedimentos. Algunas playas permanecen más o menos estables, principalmente en bahías, porque tienen fuentes de sedimentos (quebradas, ríos o riachuelos) en sus riberas, o porque son muy cerradas y no tienen pérdida lateral de sedimentos. Este es el caso, solo a manera de ejemplo, de Playa Ventanas en el Pacífico Sur, Playa Jacó en el Pacífico Central y Playa del Coco en el Pacífico Norte. Grandes cambios siempre se esperan en los deltas o salidas de los ríos, asociados a cambios de fuentes y sumideros de sedimento (Komar, 1976, 237), como en los ríos Tárcoles, Parrita, Paquita y Savegre en el Pacífico, y ríos Matina y Parismina en el Caribe.

Muchos residentes costeros en el Pacífico insisten en que el mar empezó a meterse desde hace un poco más de 50 años. En Playa Azul, Tárcoles, aún se puede ver el muro de piedras que dicen los residentes, tenía el nivel del mar hace aproximadamente más de 50 años. Los lugareños dicen que el mar se retiró y ahora está volviendo a su lugar. Algunos mencionan la recurrencia de un movimiento tectónico. El potencial sísmico se ha sugerido en varias ocasiones para la Península de Guanacaste (Norabuena *et al.*, 2004, 1, 3; Protti, 2001, 1; 2007). Según Protti (2001, 1), sismos importantes ocurrieron en 1853, 1900 y 1950 en la Fosa Mesoamericana. Un período de retorno de aproximadamente 50 años, lo cual coincide con los relatos y percepción de algunos residentes costeros respecto del retiro del nivel del mar. Cárdenes (2003, 69) señala que hay un basculamiento (hundimiento) frente a Parrita. Siendo evidente el hundimiento en la Península de Guanacaste y en el Pacífico Central, y evidentes los problemas de erosión a lo largo de toda la costa, sería prudente investigar si estos procesos no solo estarían relacionados al cambio climático. Protti (2007) indica que la costa podría levantarse luego del próximo terremoto. De ser así, y dependiendo del levantamiento tectónico, el mar se retiraría y los procesos de erosión se detendrían...al menos en algunos lugares. Esto ya ocurrió con el terremoto de Limón en 1991 (Denyer *et al.* 1994, 39). Mas sin embargo, el levantamiento alrededor del Centro de Limón detuvo los procesos de erosión en esa zona, e incluso en Moín, donde había frecuentes inundaciones antes del terremoto. Pero la deformación sísmica pudo iniciar o acelerar, los procesos de erosión en otras regiones, como en el Parque Nacional Cahuita, específicamente en Puerto Vargas. Pero si el basculamiento de la costa continental de Costa Rica, es uno de los procesos que están aumentando el nivel del mar, cabe

preguntarse la causa de la erosión que está experimentando la playa de Bahía Wafer en los últimos años. Aquí también está aumentando el nivel del mar, pero habrá que investigar si hay hundimiento por razones tectónicas, o solo una manifestación de la expansión térmica del agua.

El estudio de Denyer *et al.* (2004, 51) menciona que Puntarenas fue estabilizada artificialmente con un muro de roca en la primera mitad del Siglo XX debido a la inundación frecuente ante marejada y la formación de un canal en esa zona. Debió ser así para permitir el paso seguro del tren y permitir el transporte hacia la punta. La estructura sólida que representa la línea del tren actualmente, se constituye en un rompeolas y sirve de amortiguamiento a los oleajes que con alguna frecuencia impacta la punta de Puntarenas (Lizano y Lizano, 2010). Sin embargo, la punta continuará expuesta a los aumentos relativos del mar y a fuertes oleajes, y que en algún momento producirán impacto y desequilibrio en este sistema también. Más grave aún, durante este año 2010 la Municipalidad de Puntarenas implementó la práctica de recoger la basura de las playas con tractores. Pero no solo se recoge basura, sino también grandes cantidades de arena, justamente el elemento más necesario como estabilizador de una playa.

Urge un estudio más detallado, playa por playa, que permita una revisión y determine el estado erosión o acreción de las mismas. Es necesario un monitoreo permanente en algunas zonas donde la erosión es acelerada, especialmente en algunas flechas de arena muy sensibles a los impactos costeros. Urgen políticas de manejo de las cuencas hidrográficas que garanticen las buenas fuentes de sedimentos hacia las costas. Urge que las oficinas gubernamentales sensibilicen a la población sobre los procesos oceánicos que se avecinan (Lizano, 2010). Urge que se entienda que la zona marítimo-terrestre es una zona dinámica. Aunque el escenario de aumento del nivel del mar en el informe del IPCC del 2007, provee un escenario del aumento del nivel del mar menor de 1m para el 2100, un reciente estudio de Williams y Gutiérrez (2009, 15) y Nicholls y Cazenave (2010, 1517) indican que el escenario sería peor y que el nivel podría superar 1 m. Hardy (2003, 134) señala que en playas de pendientes promedio y con oleajes promedio, la relación entre aumento del mar y retroceso de la playa, es de 1:100. Es decir, por cada aumento de 1 cm en el nivel del mar, la playa retrocede 1 m.

La legislación vigente sobre la zonificación de la Zona Marítimo Terrestre (ZMT) es incongruente pues no considera que los bordes costeros estén a expensas de los procesos oceánicos. Bajo el actual marco de cambio climático, esta zona será severamente modificada en los próximos años. Es hora de dejar de usar sacos de arena, llantas y gaviones para tratar de evitar la erosión. La ingeniería costera actual exige rompeolas, malecones, relleno de playas, estabilización de dunas, etc. (West *et al.*, 2001, 317, 318), para enfrentar el cambio climático y minimizar el impacto económico y social que se avecina. De lo contrario, sería mejor acatar la sugerencia de retirarnos de

los bordes costeros al menos unos 300 m, como lo recomienda el estudio de la Contraloría Nacional de la República (Anónimo, 2010-a, 3) para un ecosistema tropical. Por otro lado, deberá tomarse en cuenta que un aumento de 1 m en el nivel del mar en los próximos 100 años, podría generar un retroceso de playa de hasta 100 m en algunos lugares, como indica Hardy (2003, 134).

Referencias bibliográficas

Alvarado, J.J., Fernández, C. & Nielsen, V. (2006). Capítulo V. Arrecifes y Comunidades Coralinas. 50-67. En: V. Nielsen y M.A. Quesada (eds.). *Ambientes Marino Costeros de Costa Rica*.

Amador, J., Chacón, E. & Lizano, O.G. (1994). Estudio de efectos geofísicos del Terremoto de Limón mediante percepción remota y análisis hidrometeorológico. *Revista. Geol. Amér. Central*, Vol. Esp. Terremoto de Limón, 153-170.

Anónimo. (2012). Alianza Clima y Desarrollo. La Gestión de Riesgos de Eventos Extremos y Desastres en América Latina y el Caribe: Aprendizajes del Infome Especial (SREX) del IPCC. Recuperado el 28 de agosto del 2012 de www.cdkn.org/srex.

Anónimo. (2010-a). Informe sobre la gestión de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental en la zona costera. Informe N°. DFOE-AE-IF-01-2010. División de Fiscalización Operativa y Evaluativa. Área de Servicios Ambientales y de Energía. Contraloría General de la República. 55.

Anónimo. (2010-b). Maximum Height of Extreme Waves Up Dramatically in Pacific Northwest. [En línea]. ScienceDaily. [2010 Ene 26]. Disponible en: <http://www.sciencedaily.com/releases/2010/01/100125123233.htm>. [2011 Mar 02].

Alfaro E. (2007). Escenarios climáticos para temporadas con alto y bajo número de huracanes en el Atlántico. *Revista de Climatología*, 7, 1-13.

Broun, J.A., Colling, A., Pab, D. Phillips, J., Roterry, D. & Wright, J. (1991). *Ocean Chemistry and Deep-Sea Sediments*. Open University. Pergamon Press. 134.

Cárdenes, G. (2003). Evolución de los sistemas sedimentarios costeros y aluviales de la región de Parrita, Pacífico Central de Costa Rica. *Rev. Geol. Amér. Central*, 28, 69-76.

Cárdenes, G. & Obando, L.G. (2005). Índice de erosión-sedimentación costera (ie-sc): una aplicación en la costa del Pacífico Central de Costa Rica. *Rev. Geol. Amér. Central*, 32, 33-43.

Cayan, D.R., Bromirski, P.D., Hayhoe, K., Tyree, M., Dettinger, M.D. & Flick, R.E. (2008). Climate change projections of sea level extremes along the California coast. *Climatic Change*, 87 (Suppl 1), S57–S73.

Cortés, J. & León, A. (2002). Arrecifes coralinos del Caribe de Costa Rica. The Coral Reefs of Costa Rica's Caribbean Coast. InBio. 140.

Cortés, J. & Jiménez, C. (2003). Past, present and future of the coral reefs of the Caribbean coast of Costa Rica. In J. Cortés (ed.). Latin American Coral Reefs. Elsevier, Amsterdam.

Cortés, J., Soto-Soto, R. & Jiménez, C. (1994). Efectos ecológicos del terremoto de Limón. Geol. Amér. Central. vol. esp. Terremoto de Limón, 187-192.

Cooper, M.J.P., Beevers, M.D. & Oppenheimer, M. (2008). The potential impacts of sea level rise on the coastal region of New Jersey, USA. Climatic Change. 90, 475–492.

Denyer, P., Cárdenes, G. & Kruse, S. (2004). Registro histórico y evolución de la barra arenosa de Puntarenas, Golfo de Nicoya, Costa Rica. Rev. Geológica de Amer. Cent., 31, 45-58.

Denyer, P., Arias, O. & Personius, S. (1994). Efecto tectónico del terremoto de Limón. Rev. Geol. Amér. Central. vol. esp. Terremoto de Limón, 39-52.

Dickson, M.E., Walkden, M.J.A. & Hall, J.W. (2007). Systemic impacts of climate change on an eroding coastal region over the twenty-first century. Climatic Change, 84, 141–166.

Fetzek, S. (2009). Impactos relacionados con el clima en la seguridad Nacional de México y Centroamérica. Primer Informe. Instituto Real de Servicios Unidos / FUNDAECO. Gran Bretaña. Stephen Austin & Sons. 28.

Grant, P.J. (1981). Recently increased tropical cyclone activity and inferences concerning coastal erosion and inland hydrological regimes in New Zealand and Eastean Australia. Climate Change, 3, 317-332.

Gornitz, V. (1995). Monitoring sea level changes. Climate Change, 31, 514-544.

Hardy, J.T. (2003). Climate change, causes, effects, and solutions. John Wiley and Sons Ltda. Inglaterra. 247.

Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P.J., Hooten, A.J., Steneck, R.S., Greenfield, P., Gomez, E., Harvell, C.D., Sale, P.F., Edwards, A.J., Caldeira, K., Knowlton, N., Eakin, C.M., Iglesias-Prieto, C.M.R., Muthiga, N., Bradbury, R.H., Dubi, A. & Hatzioolos, M.E. (2007). Coral Reefs Under Rapid Climate Change and Ocean Acidification. Science, 318, 1737-1742.

Hunter, J. (2010). Estimating sea-level extremes under conditions of uncertain sea-level rise. Climatic Change, 99, 331–350.

IPCC. (2007). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de Evaluación del Grupo de Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza. 114.

Jiménez, C. & Cortés, J. (1994). Colonización vegetal y actividades humanas en las plataformas arrecifales expuestas por el terremoto de Limón. Rev. Geol. Amér. Central. vol. esp. Terremoto Limón, 193-200.

Jiménez, J.A. (1994). Los manglares del Pacífico centroamericano. Ed. Fundación UNA, Heredia, Costa Rica. 336.

Kamphuis, J.W. (2000). Introduction to Coastal Engineering and Management. Advanced Series on Ocean Engineering. 16. Word Scientific. New Jersey, 437.

Knutson, T.R., Tuleya, R.E. and Kurihara, Y. (1998). Simulated Increase of Hurricane Intensities in a CO₂-Warmed Climate. Science, 279, 1018-1020.

Komar, P.D. (1976). Beach Processes and Sedimentation. Prentice-Hall, 429.

Leatherman, S.P. (1977). Island States at Risk: Global Climate Change, Development and Population. J. of Coastal Research. Special Issue No. 24. The Coastal Education & Research Foundation, 242.

Lizano, O.G. (2010). Erosión en las playas de Costa Rica. Urge tomar medidas en la zona marítimo-terrestre debido al cambio climático. Periódico La Nación [2010 Nov 16]. Recuperado el 03 de marzo del 2011 de <http://www.nacion.com/2010-11-06/Opinion/Foro/Opinion2580625.aspx>.

Lizano, O.G. (2007-a). Climatología del viento y oleaje frente a las costas de Costa Rica. Ciencia y Tecnología, 25(1-2), 43-56.

Lizano, O.G. (2007-b). Procesos de erosión en playa Palo Seco Pacífico Central de Costa Rica. Aspectos Oceánicos. Informe Final a DEPPAT, Environmental and Planning Consulting Firm, San José, CR. No publicado, 14. Además de Apéndices A, B, C, D y E.

Lizano, O.G. 2006-a. Algunas características de las mareas en la costa Pacífica y Caribe de Centroamérica. Ciencia y Tecnología, 24, 51-64.

Lizano, O.G. (2006-b). Proyecto de erosión en Playa Hermosa Pacífico Central de Costa Rica. Aspectos Oceánicos. Informe Final al Bufete Facio y Cañas, San José, CR. No publicado, 9. Además de Apéndices A, B y C.

Lizano, O.G. (1997). Las mareas extraordinarias de 1997 en la costa Pacífica de Costa Rica. Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos, 4(2), 169-179.

Lizano, O.G., Mercado, A & Hernández, M.L. 1993. Impacto de las olas generadas por el Huracán David sobre un arrecife coralino: resultados de modelos numéricos. *Revista Geofísica*, 38, 91-110.

Lizano, O.G. & Morales, A. (2009). Morales. *Visita a desembocadura del Río Pacuare, Limón*. Informe Técnico. No Publicado. Resultado de asesoría dada a la Costa Rica-Panamá de Endangered Wildlife Trust, para evaluar los procesos de erosión que se experimentan en la zona, 4.

Lizano, O.G. & Gonzáles, C.. (2008). Informe sobre observaciones de Punta Uva y Cahuita. Informe Técnico. No publicado, 11.

Lizano, M.A. & Lizano, O.G. (2010). Creación de escenarios de inundación en la Ciudad de Puntarenas ante el aumento del nivel del mar. *InterSedes*. Universidad de Costa Rica, XI(21), 215-229.

Lizano, O.G. & Salas, D.M. (2001). Variaciones geomorfológicas de la Isla Damas, Quepos en los últimos 50 años. "Ecosistemas Acuáticos de Costa Rica". *Rev. Biol. Trop*, 49 (Supl. 2), 171-177.

Miller, P. (2012). Weather gone wild. *National Geographic*, 30-53.

Mokrech, M., Nicholls, R.J., Richards, J.A., Henriques, C., Holman, I.P. & Shackley, S. (2008). Regional impact assessment of flooding under future climate and socio-economic scenarios for East Anglia and NorthWest England. *Climatic Change*, 90, 31-55.

Nicholls, R.J. & Cazenave, A. 2010. Sea-Level Rise and Its Impact on Coastal Zones *Science*, 328, 1517.

Norabuena, E., Dixon, T.H., Schwartz, S., DeShon, H., Newman, A., Protti, M., Gonzalez, V., Dorman, L., Flueh, E.R., Lundgren, P., Pollitz, F. & Sampson, D. (2004). Geodetic and seismic constraints on some seismogenic zone processes in Costa Rica. *J. Geophys. Res.* 109, B11403, 25 p.

Pielke, R.A., Landsea, C.W., Mayfield, M. & Laver, J. (2005). Pasch. Hurricanes and Global Warming". *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 86, 1571-1575.

Protti, M. (2007). Límite dinámico y cambiante. *Noticias de Opinión*. La Nación. Martes 24 de julio del 2007. Consultado el 19 de marzo del 2013 en http://www.nacion.com/ln_ee/2007/julio/24/opinion1106780.html.

Protti, M., Güendel, F. & Malavassi, M. (2001). Evaluación del potencial sísmico de la península de Nicoya. Editorial Fundación UNA, 144.

Sorensen, R.M. (1978). *Basic Coastal Engineering*. John Wiley & Sons, New York, 227.

Trenberth, K.E.. (2010). Global Change: The ocean is warming, isn't it?. *Nature*, 465, 304.

Williams, S.J. & Gutierrez, B.T. (2009). Sea level rise and coastal change: Causes and implications for the future of coastal and low-lying regions. *Shore & Beach*, 77(4), 13-21.

West, J.J., Small, M.J. & Dowlatabadi, H. (2001). Storms, investment decisions, and the economic impacts of sea level rise. *Climatic Change*, 48, 317–342.

Zamora, P. (2006). Capítulo III. Manglares, 23-40. En: V.N. Muñoz y M.A. Quesada (eds.). *Ambientes marino costeros de Costa Rica. Informe Técnico. Conservation Internacional*.