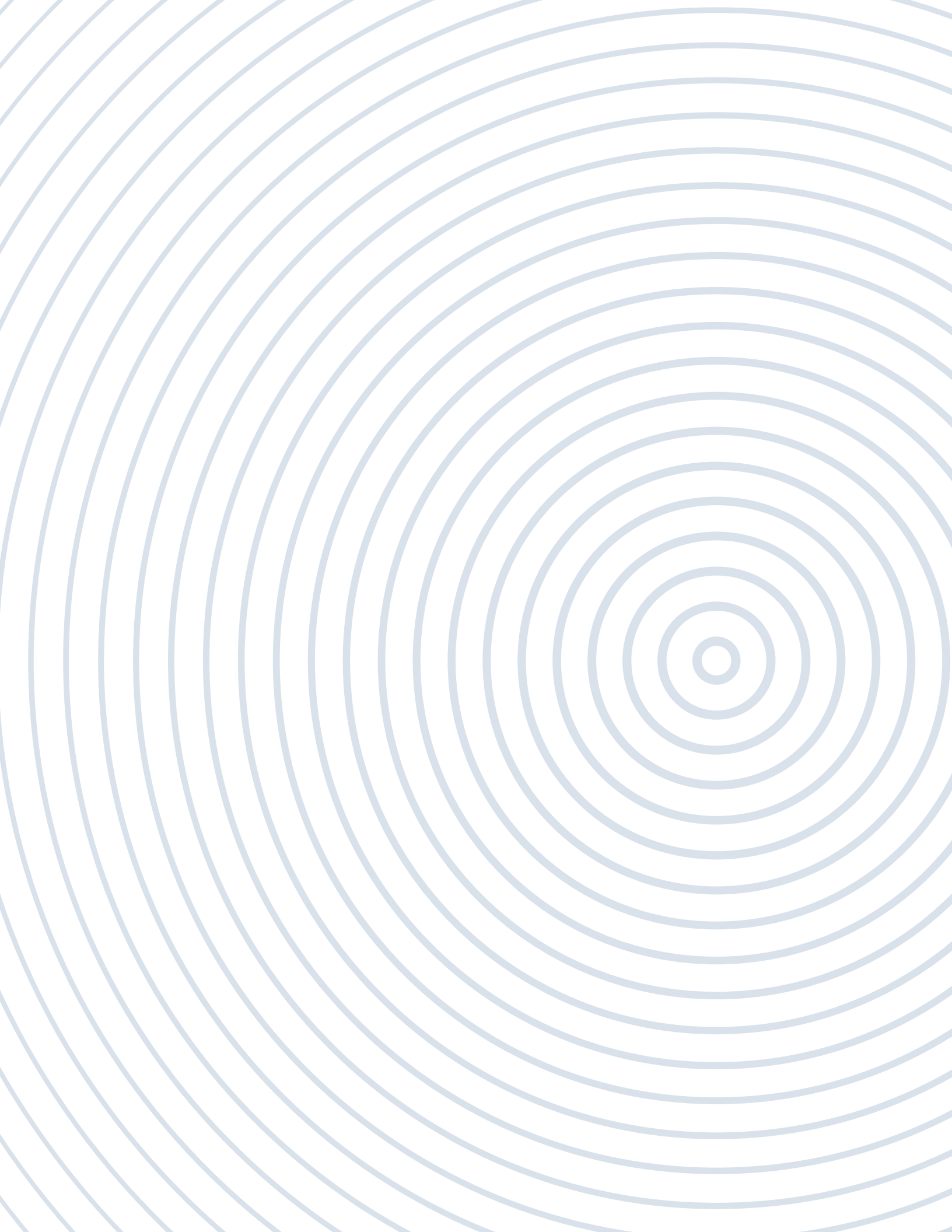




Aumento en el Nivel del Mar por Cambio Climático en **Playa Grande** Parque Nacional Las Baulas, Costa Rica



Carlos Drews y Ana Fonseca



The background features a dark blue field with a pattern of concentric, light blue circles that create a ripple effect. A single, solid white vertical line runs from the top to the bottom of the page, positioned slightly to the left of the center.

Aumento en el Nivel del Mar
por **Cambio Climático**
en **Playa Grande**
Parque Nacional Las Baulas, Costa Rica



**Producido por el Departamento de Comunicaciones
WWF Centroamérica
© 2009**

Diseño Gráfico:
Jeffrey Muñoz

Producción:
Zeidy Hidalgo
Marianne Fish
Carlos Drews
Ana Fonseca

Edición:
Carlos Drews
Ana Fonseca

Foto de Portada:
Fotografía aérea de Playa Grande, Parque Nacional Las Baulas, tomada el 1 de mayo de 2009.
© Carlos DREWS / WWF

Citar como:
Drews C. y A. Fonseca 2009. Aumento del nivel del mar por cambio climático en Playa Grande, Parque Nacional Las Baulas, Costa Rica. Simulación de inundación basada en un modelo de elevación digital de alta resolución e implicaciones para el manejo del parque. Informe técnico, WWF / Stereocarto, San José, Costa Rica, 20 p.

Resumen

Es necesario contar con modelos de inundación ante diferentes escenarios de aumento del nivel del mar para poder planificar mejor el desarrollo costero y las áreas protegidas, de manera que tanto las tortugas marinas como los pobladores locales se beneficien. En el Parque Nacional Las Baulas en Costa Rica se ubica Playa Grande, el sitio de anidación más importante del Pacífico Oriental para la tortuga baula, especie la críticamente amenazada de extinción. Es realista contar con un aumento del nivel del mar de 1 m para fines de siglo por efecto del cambio climático. Esto implicaría un retroceso de la playa aproximado de 50 m tierra adentro. Adicionalmente, el modelo de elevación digital de alta resolución revela que gran parte de la inundación de la zona de Playa Grande ocurrirá desde atrás, conforme el nivel del mar aumente y el agua avance por la boca del estero Tamarindo, y por los humedales que los rodean, inundando algunos terrenos localizados adyacentes al manglar actual. El futuro de Playa Grande depende de su capacidad de retroceder ante el aumento del nivel del mar y mantener a la vez las condiciones ecológicas idóneas para la anidación de la tortuga baula. Esto implica que la infraestructura existente y futura no obstaculice tal retroceso y que la zona de amortiguamiento del parque nacional sea garante de medidas de mitigación ambiental efectivas de cara a las futuras ubicaciones de la playa y al retroceso de los manglares. La propuesta de ley para rectificación de los límites del parque que reduciría su ancho actual a una franja de 50 m, implicaría que a fin de siglo el parque nacional quedaría sumergido. La playa quedaría situada dentro del propuesto refugio de vida silvestre y las tortugas y sus nidos competirían directamente por espacio con casas y otra infraestructura. Una vez que la playa alcance la infraestructura, el choque de la marea contra vías y edificaciones causará erosión y consecuentemente, pérdida del área de anidación. En relación con el aumento del nivel del mar, la propuesta de rectificación de límites del parque nacional no es una medida ni precautoria ni previsiva, y comprometería en el mediano y largo plazo su función ecológica como sitio de anidación de baulas, y con ello la razón de ser de esta área protegida. La implementación de medidas de adaptación al cambio climático en playas de anidación es un compromiso internacional ante la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas de la cual Costa Rica es signataria. Implementando tales medidas, Costa Rica tiene la oportunidad de mantener su liderazgo regional en conservación de tortugas marinas y como referente mundial en conservación de la biodiversidad.

Aumento en el Nivel del Mar por Cambio Climático en Playa Grande Parque Nacional Las Baulas, Costa Rica

Simulación de inundación basada en un modelo de elevación digital de alta resolución e implicaciones para el manejo del parque

Carlos Drews y Ana Fonseca



Introducción y justificación

El cambio climático es una fuerza importante que provoca cambios presentes y futuros en los ecosistemas costeros. Costa Rica y las naciones del Gran Caribe se verán afectadas por el incremento del nivel del mar, el aumento de las temperaturas ambientales y del mar, la disminución de las lluvias (noroeste de Costa Rica) y la intensidad de huracanes y tormentas tropicales. Las consecuencias incluyen la pérdida de área de playas e islas, blanqueamiento coralino, empobrecimiento de las pesquerías, intrusión salina en los acuíferos, inundación de zonas urbanas e incremento de enfermedades, entre otras. Las implicaciones de estos procesos para los medios de vida de las comunidades y las economías nacionales que dependen del área costera y sus recursos naturales para consumo o como atracción turística, son profundos.

Existe la necesidad urgente de avanzar en el diseño e implementación de medidas de adaptación para mitigar los inevitables impactos locales, tanto ecológicos como sociales, del cambio climático. Existen aún enormes vacíos de conocimiento y pocas medidas concretas han sido probadas y aplicadas ampliamente. Es necesario sentar precedentes locales rigurosos y exitosos, que estimulen a comunidades, gobiernos locales y la institucionalidad nacional a comprender y anticipar los impactos del cambio climático, así como diseñar y probar medidas de adaptación que incrementen la resistencia y la resiliencia de los ecosistemas y sus sociedades. Este informe constituye una experiencia piloto y pionera en Latinoamérica hacia la adaptación costera al cambio climático en un área protegida de importancia para las tortugas marinas.

En la edición del 4 de Julio de 2009, la revista "New Scientist" publicó un resumen sobre los pronósticos de aumento del nivel del mar por calentamiento global: contrario a las proyecciones de 19-59 cm publicadas en el 2007 por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, en la actualidad los científicos estiman que el nivel del mar aumentará 1-2 metros en el mundo de ahora a finales del siglo, debido a los acelerados deshielos en Groenlandia y Antártida y la expansión del agua del océano al calentarse, entre otros. Un aumento del nivel del mar anticipado para fines de siglo de por lo menos 100 cm ha sido aceptado como realista por los científicos líderes en el tema (p.ej. Grinsted, A. y Rahmstorf, S.¹), inclusive para escenarios futuros del IPCC, bajos en emisiones de gases con efecto de invernadero, como el escenario B1. En las Américas, se ha registrado una tendencia

1 <http://www.glaciology.net/Home/Miscellaneous-Debris/rahmstorf2007lackofrealism>

general reciente hacia el aumento del nivel del mar, cuya tasa se acrecienta en las regiones ecuatoriales².

El litoral Pacífico costarricense no es inmune al aumento del nivel del mar. El periódico La Nación del 13 de agosto del 2007 publicó las proyecciones del impacto devastador del aumento de 1 metro del nivel del mar sobre Puntarenas, según datos del Instituto Meteorológico Nacional y el Instituto Internacional del Océano³. El aumento del nivel del mar por el cambio climático es una de las grandes amenazas para las comunidades costeras y las tortugas marinas que anidan en las playas, ya que provocará inundaciones, intrusión salina en los acuíferos, y puede comprometer la infraestructura, erosionar sitios clave de anidación y reducir su atractivo turístico.

El régimen de inundación alcanzado sobre las costas por acción de la dinámica marina, costera y meteorológica es un fenómeno especialmente complejo, tanto por el gran número de factores que intervienen en el proceso de inundación, como por la interacción entre ellos. Determinar dichos regímenes, y los procesos erosivos y de sedimentación propios de la dinámica marino-costera, es de gran importancia para la definición y manejo del dominio público marítimo-terrestre, el ordenamiento territorial, el diseño de medidas costeras de adaptación al cambio climático y, en general para la definición de los planes de Manejo Integrado de la Zona Costera. Uno de los pasos necesarios para crear un modelo riguroso de inundación de litoral es la generación de topografía y batimetría detallada de las playas. No obstante, hay actualmente una carencia generalizada de datos de elevación con alta resolución (inferior a 50 cm) en el litoral costarricense.

Playa Grande es la playa de anidación más importante en todo el Pacífico oriental tropical para la tortuga baula (*Dermochelys coriacea*). Está situada en el Parque Nacional Las Baulas y es una de cinco playas de gran importancia para las baulas en Costa Rica, entre las cuales se incluye también Playa Junquillal que no es un área protegida. Además de la baula, en el Parque Nacional Las Baulas anidan la negra (*Chelonia mydas agassizii*) y la lora (*Lepidochelys olivacea*). La tortuga baula contaba para 1980 con más de 91.000 hembras adultas en el Pa-

2 Miller K.M. 2006. *Land under siege. Recent variations in sea level through the Americas*. Report to the World Bank by the University of the West Indies, Trinidad and Tobago, pp. 41

3 IMN 2000. *Estudios de vulnerabilidad al cambio climático. Informe final*. MINAE, Institute for Environmental Studies, Coastal Zone Management Center, San José, 238 pp.

cífico Oriental, mientras que en la actualidad la población se estima que apenas sobrepasa los 2.000 individuos. En Playa Grande ha habido un descenso de más del 90% en las anidaciones desde principios de los años noventas.

La tortuga baula está críticamente amenazada de extinción. Las principales causas del declive mundial de sus poblaciones han sido el saqueo de sus nidos, el deterioro del hábitat de anidación por un acelerado desarrollo urbano en algunas playas y la captura incidental en anzuelos y redes pesqueras. A estas presiones se añade hoy en día el cambio climático, que atenta contra las playas de anidación y el buen desarrollo de los huevos en la arena por el aumento del nivel del mar y de la temperatura de incubación, respectivamente. Específicamente, el aumento del nivel del mar amenaza con erosionar sitios de anidación clave para las tortugas marinas, cuando infraestructura u obstáculos naturales impiden el retroceso de las playas.

El declive de la anidación en Playa Grande específicamente, probablemente responde en primera línea al saqueo histórico de los nidos, la mortalidad de las baulas en palangres y redes agalleras en sus zonas de alimentación y quizás en cierta medida a la contaminación lumínica generada por Tamarindo. Uno de los desafíos principales para la integridad del Parque Nacional Las Baulas es su capacidad de mitigar los impactos del aumento del nivel del mar y consolidar un esquema de desarrollo en la zona de amortiguamiento, compatible con su función ecológica como playa principal de anidación de baulas del Pacífico Oriental.

La protección a largo plazo de los recursos naturales del Parque Nacional Las Baulas, así como la reducción de su vulnerabilidad al cambio climático, mantendría su función como atractivos turísticos que generan beneficios económicos locales y nacionales. El Parque Nacional Las Baulas, por ejemplo, generó 1.3 millones de dólares anuales en 1994, equivalentes a una tercera parte de todos los ingresos turísticos de la zona⁴. Además, la buena planificación costera, en atención a vulnerabilidades a inundación por aumento del nivel del mar, genera beneficios económicos al minimizar pérdidas en infraestructura y en inversiones en terrenos vulnerables.

Desde el año 2005, WWF ha impulsado la conservación de baulas del Pacífico en Costa Rica, mediante un proyecto modelo en Playa Junquillal, Guanacaste. Durante sus cuatro años de existencia, esta iniciativa

4 Troëng S. & C. Drews 2004. *Money talks: Economic aspects of marine turtle use and conservation*. WWF International Species Program, www.panda.org (en español e inglés)

ha logrado un cambio profundo en la relación entre la comunidad costera y las tortugas que llegan a anidar: el saqueo de nidos se ha reducido del 100% previo al proyecto a menos de un 5% en la actualidad. Este esfuerzo en playa se ve complementado por un programa regional desde México hasta Perú, incluyendo Costa Rica, que reduce la mortalidad incidental de tortugas marinas en la flota palangrera de pescadores artesanales.

Una de las prioridades de WWF en la región del Gran Caribe y el Pacífico Oriental, es diseñar medidas de adaptación que reduzcan la vulnerabilidad de las tortugas marinas y las comunidades costeras al inminente aumento del nivel del mar. Playa Junquillal se ha convertido en estudio de caso que genera y exporta metodologías y lecciones aprendidas en el campo de la conservación comunitaria de tortugas marinas y la adaptación al cambio climático, entre otros. Dada la importancia global de Playa Grande para las tortugas baula, WWF inició en el 2009 una colaboración con el Parque Nacional Las Baulas para ayudar a estimar los impactos del aumento del nivel del mar por cambio climático y diseñar medidas de adaptación. Este informe presenta de manera gráfica los resultados de modelos sencillos de llenado para simular la inundación por aumento del nivel del mar en Playa Grande y menciona las implicaciones del retroceso esperado de la playa para la gestión del parque nacional.

Propósito y alcance de este estudio

El desarrollo hotelero masivo y parcelaciones inmobiliarias para condominios vienen ejerciendo una presión ecosistémica grande en la provincia de Guanacaste y con mayor intensidad en los ambientes marinos costeros, donde los acuíferos, humedales y manglares están siendo afectados. El principal desafío en Playa Grande es lograr la compatibilidad ambiental del desarrollo costero actual y futuro con la función ecológica y propósito del parque nacional. Algunas propiedades se encuentran incluidas dentro de los límites del Parque y deben ser expropiadas por el gobierno, de acuerdo con el fallo legal respectivo. Existe un proyecto de ley presentado por la Presidencia de la República a consideración de la Asamblea Legislativa que plantea una reducción del ancho del parque, con el fin de excluir dichas propiedades del área de máxima protección, obviando así el pago voluminoso de la expropiación. WWF se ha pronunciado en contra de este proyecto de ley, haciendo una reflexión sobre las implicaciones del aumento del nivel del mar que hasta la fecha no figuraba en el debate. Así mismo, está en preparación un documento técnico de la SETENA sobre la zona de amortiguamiento del par-

que (500 m de ancho, ver Fig. 9) que ha de emitir recomendaciones sobre medidas de mitigación del impacto ambiental del desarrollo sobre el parque. Se han paralizado los permisos de construcción en esta zona hasta tanto la Sala Constitucional no se pronuncie sobre las recomendaciones de la SETENA. En estos procesos es pertinente tomar en consideración el aumento del nivel del mar, ya que este determina la ubicación y condición de la playa en el mediano y largo plazo.

El propósito de este estudio es generar una simulación de inundación ante algunos escenarios de aumento del nivel del mar por el cambio climático, que se pueda utilizar para concientizar a las comunidades costeras sobre esta problemática y para asistir al ente rector de las áreas silvestres protegidas en el diseño de retiros libres de infraestructura que permitan al Parque Nacional Las Baulas cumplir su función ecológica en el largo plazo. Se parte de un modelo digital del terreno, tridimensional y de alta resolución de Playa Grande, construido mediante tecnología LIDAR⁵. En esta etapa el estudio se ha limitado a generar una simulación de llenado que responda al aumento del nivel del mar proyectado para fin de siglo, basada en topografía detallada del litoral. Sin embargo, también discutimos las implicaciones para el manejo de un retroceso proyectado de la playa, basado en publicaciones de otros autores. En una etapa posterior se espera generar un modelo de inundación dinámico que considere también la batimetría, oleaje y la respuesta del litoral en su forma y dimensión. Este último permitirá precisar eventuales reorientaciones de la playa a futuro y el alcance de marejadas extremas.

Metodología

Playa Grande es una playa de aproximadamente 4.3 km de largo con arena blanca, ubicada en la Provincia de Guanacaste. Sus coordenadas geográficas son: extremo norte 10° 20' 44" N, 85° 51' 37" O y extremo sur 10° 18' 30" N, 85° 50' 11" O. La playa está protegida dentro del Parque Marino Las Baulas que incluye también las playas Ventanas, Langosta y Carbón, los estuarios de San Francisco y Tamarindo, y 125 m tierra adentro de la línea de pleamar ordinaria. Las tortugas baula anidan principalmente en el centro de la playa donde actualmente hay muy poca infraestructura.

⁵ LIDAR (*Light Intensity Detection And Ranging*, por sus siglas en inglés): se trata de un sistema activo láser que actúa en el visible, ultravioleta e infrarrojo próximo. Tiene aplicaciones en el estudio de la atmósfera y como altímetro, mediante sobrevuelos que generan modelos digitales de elevación muy precisos.

El 6 de junio de 2009 se realizó un vuelo sobre playa Grande y playa Junquillal, en un avión Piper Azteca PA-23-250, equipado para vuelos con tecnología simultánea LIDAR y fotografía digital. Los horarios fueron para Playa Grande de 08:04 a 08:16 am y para Junquillal de 08:21 a 08:28 am, lo cual determina el nivel de marea documentado en las fotografías. Ese día, alrededor del período del sobrevuelo, en Puntarenas como puerto de referencia la marea baja fue a las 7.35 h (46 cm) y la alta a las 13.52 h (265 cm). Es decir que las fotografías registraron condición de marea baja. Durante este vuelo se realizó una captura de datos láser con el sensor LIDAR Leica ALS 50 II para generar el Modelo Digital de Terreno (MDT, ver Fig. 4) y de Superficie (MDS) desde el punto más bajo en marea baja hasta 500 m tierra adentro, con una resolución de 4 a 5 puntos/metro² y una precisión altitudinal de 15 cm. Adicionalmente se tomaron fotos aéreas a escala 1:30.000 con una cámara digital de medio formato RCD 105, que luego fueron orto-rectificadas (Figs. 3, 5-10). Las imágenes fueron integradas en un sistema de visión tridimensional llamado Stereocaptor, y se produjeron animaciones⁶ de posibles inundaciones de playa Grande bajo diferentes escenarios de aumento en el nivel del mar (de 0 a 150 cm, cada 10 cm).

El retroceso anticipado de la playa de unos 50 metros no ha sido reflejado en las simulaciones de llenado sencillas. Con el ánimo de ilustrar tal retroceso, en la figura 8 se editó la ortofotografía del escenario futuro por medio del programa Adobe Photoshop, trasladando la playa tierra adentro y manteniendo la ubicación actual de edificaciones como puntos de referencia. En las figuras 9 y 10 se indica por medio de líneas el límite modificado de la playa en función de su eventual desplazamiento futuro.

Resultados y discusión

Simulación de inundación de playa Grande

Un paso importante preliminar a la definición de medidas de adaptación a aumentos del nivel del mar y calentamiento global por el cambio climático son los modelos de inundación locales precisos que tomen en cuenta la mayor cantidad de variables, atmosféricas, terrestres y oceanográficas. El modelaje de la inundación es un proceso complejo que involucra varias etapas de análisis de la dinámica marino costera y atmosférica. Como primer etapa se generó un modelo digital del terreno usando tecnología LIDAR, un sensor aéreo que es-

⁶ Estas animaciones no forman parte de este informe y son distribuidas a solicitud por WWF.

canea la playa con rayos láser y genera datos de elevación topográfica de alta resolución. Además se simuló de manera estática⁷ la posible inundación con base en esta topografía, ortofotografías y diferentes escenarios de aumento del nivel del mar (0 a 150 cm). Estas simulaciones, imágenes y mapas son herramientas útiles de concientización y planificación para tomadores de decisiones, tanto gubernamentales como de la sociedad civil, en la incorporación del aumento del nivel del mar en la gestión de áreas protegidas y el desarrollo costero. La siguiente etapa de este proyecto corresponderá a levantar y adjuntarle a esta topografía datos de oleaje, mareas, batimetría, corrientes, tectonismo, precipitación, temperatura, y otros, para analizar una gama amplia de vulnerabilidades y generar un modelo de inundación dinámico y más preciso del impacto del cambio climático en estas playas.

De acuerdo a las más recientes estimaciones de aumento del nivel del mar anticipado para fines de siglo de 1 m, la playa retrocederá unos 50 metros en este lapso, según la aplicación de la regla de Brunn para Playa Grande que realizó Díaz-Andrade (1996). Tal sería entonces el alcance de la inundación del litoral de Playa Grande, comparado con la línea de marea actual⁸ (ver Fig. 9). La zona pública de 50 metros y la zona marítimo-costera también se están desplazando paulatinamente tierra adentro. La playa estará siempre entre el mar y tierra firme, y avanzará tierra adentro empujada por el oleaje, a medida que aumenta el nivel del mar. Si hay construcciones en esa zona, las tortugas anidando competirían directamente por espacio con casas y otra infraestructura. En teoría, tal podría llegar a ser el caso de manera puntual con algunas de las edificaciones existentes en la actualidad (Fig. 10), aunque se desconoce si la zona de anidación preferida por las baulas va a incluir a futuro estos tramos específicos de la playa. Sin embargo, una vez que la playa alcance la infraestructura, el choque de la marea contra carreteras y/o edificaciones causará erosión y pérdida del área de playa. En Bonaire, por ejemplo, se estimó una pérdida futura del 32% del área de playas con un aumento de 50 cm del nivel del mar, en virtud de infraestructu-

ra y obstáculos naturales que impiden el retroceso gradual de la playa⁹. Es esencial mantener el Parque Nacional Las Baulas en su dimensión actual y definir medidas en el área de amortiguamiento que compensen el desplazamiento de la playa para que cumpla su función ecológica de la mejor manera tanto en el corto como en el largo plazo.

Según la simulación preliminar de un aumento de 1 m en el nivel del mar, es muy probable que gran parte de la inundación de la zona de Playa Grande ocurra desde atrás, conforme el nivel del mar aumente y el agua avance por la boca del estero Tamarindo, y por los humedales que los rodean, inundando algunos terrenos localizados adyacentes al manglar actual (Figs. 1, 2, 5 y 6). La zona del pequeño estero de playa Ventanas será inundada significativamente, generando una alta vulnerabilidad para la carretera paralela a la playa y edificaciones en este sector (Figs. 7 y 10).

Está aún por esclarecer cuantitativamente la tendencia actual tectónica de la zona para estimar el componente de cambio en el nivel del mar que se atribuye al hundimiento de la plataforma continental. La costa oeste de la península de Nicoya, sobre la cual se sitúa Playa Grande, está subsidiando¹⁰. Observaciones en Playa Junquillal sugieren que efectivamente el nivel medio del mar está aumentando en este tramo del litoral. Es ya evidente que los mojones que delimitaban la zona pública deben ser reubicados tierra adentro, pues ya su distancia a la pleamar ordinaria es notoriamente menor que 50 metros. La tendencia del nivel relativo del mar en Puntarenas en el período 1941-1978 es al aumento, con un aumento total de 51 mm en este período¹¹. El nivel de pleamares actual (cuya traza en tierra usualmente se define para fines cartográficos y legales como el límite entre el dominio marítimo y el terrestre), esta anegado aproximadamente un 8% del tiempo. Sin embargo, si el nivel medio del mar sube 1 m ese porcentaje será entonces de 51%, que es el tiempo de anegamiento que, en la actualidad, corresponde al nivel de media marea (media entre promedios de pleamares y bajamares). Lamentablemente, se ca-

recen de series de datos de cambio en el nivel del mar en el litoral Pacífico costarricense, que tengan la continuidad y duración necesarias para estimar con mayor precisión estas tendencias para varios puntos de la costa (A. Gutiérrez, comunicación personal).

El aumento del nivel del mar es un proceso gradual. Marejadas extremas irán alcanzando con mayor frecuencia las zonas que en la actualidad parecen seguras ante inundaciones eventuales. En la costa del Pacífico norte de Costa Rica, las pleamares máximas pueden alcanzar hasta un metro sobre el nivel de pleamares ordinarias¹³. La simulación del llenado, no refleja que un aumento del nivel del mar de 1 metro para fin de siglo, considerado realista por la comunidad científica, probablemente inundará por completo la franja de 50 metros de la zona pública actual. La figura 8 reconstruye la playa en su eventual ubicación hacia finales de siglo, desplazada unos 50 metros, e ilustra como algunas edificaciones quedarían inmersas en la playa (ver también Figs. 9 y 10). La transgresión estimada de 50 metros de la playa para fines de siglo por aumento del nivel del mar quiere decir que la zona pública actual quedará totalmente sumergida para ese entonces (Fig. 9). La actual propuesta de ley para rectificar los límites del Parque Nacional Las Baulas¹² (en revisión por la Comisión Permanente Especial de Ambiente de la Asamblea Legislativa), reduciría el parque a esta franja de 50 metros y lo condenaría a quedar bajo el agua a futuro, y así, a desaparecer hacia finales de siglo. Y la playa se ubicaría en su totalidad dentro del refugio de vida silvestre propuesto, en conflicto inmediato por espacio con las edificaciones y otra infraestructura. Bajo estas condiciones, la función ecológica de la playa como sitio de anidación para las tortugas baula quedaría seriamente comprometida

Si bien las figuras 8, 9 y 10 son aproximaciones al posible impacto del retroceso de la playa por aumento del nivel del mar, esta estimación se podría precisar con mayor exactitud en una investigación de 1-2 años de duración dedicada al Parque Nacional Las Baulas, que tome en consideración la evolución del oleaje, vientos, mareas, procesos tectónicos y la topografía, bajo escenarios de cambio climático, de manera que también se refleje la intrusión de los picos de mareas altas, y se genere un modelo de inundación dinámico, con cotas de probabilidad de eventos normales y extremos. Se requiere diseñar retiros libres de infraestructura para reducir la vulnerabilidad de las inversiones en desarrollo costero a las inundaciones por aumento

7 Es decir, no se ilustran modificaciones del litoral durante el período contemplado en la simulación. Esta simulación también es conocida como *llenado de tina de baño*. No contempla al retroceso de la playa a medida que aumenta el nivel del mar.

8 Fuente: Díaz-Andrade, J.M. 1996, *Análisis de la vulnerabilidad de la zona costera ante el ascenso del nivel del mar por un cambio climático global – Costa del Pacífico de Costa Rica*, Informe final del Proyecto Centroamericano sobre Cambio Climático, Comité Regional de Recursos Hidráulicos. San José, Costa Rica.

9 Fish, M.R., I.M. Cote, J.A. Gill, A.P. Jones, S. Renshoff and A.R. Watkinson. 2005. *Predicting the impact of sea-level rise on Caribbean sea turtle nesting habitat*. Conservation Biology 19:482-91.

10 González, V. y Protti, M. 2005. *Afinamiento del Potencial Sísmico y Monitoreo de la Brecha Sísmica de Nicoya*. Ambientico No.147, p. 12-15; Diciembre 2005. <http://www.ambientico.una.ac.cr/147.pdf>

11 IMN 2000. *Estudios de vulnerabilidad al cambio climático. Informe final*. MINAE, Institute for Environmental Studies, Coastal Zone Management Center, San José, 238 pp.

12 Expediente No. 17.383, "Rectificación de Límites del Parque Nacional Marino Las Baulas y Creación del Refugio de Vida Silvestre Las Baulas de Propiedad Mixta"

del nivel del mar y para que no se obstaculice la formación de nueva playa tierra adentro y así se mantengan condiciones aptas para la anidación de las tortugas marinas. Tales retiros son una herramienta fundamental en conservación de tortugas marinas, particularmente en el ámbito de adaptación a cambio climático¹³.

Retiros libres de infraestructura para compensar el aumento del nivel del mar

El "Manual sobre técnicas de manejo y conservación de las tortugas marinas en playas de anidación de Centroamérica", publicado en el 2008 por la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas, de la cual Costa Rica es miembro, indica que "... se debe llevar un registro periódico de la distancia de varios puntos de la playa a puntos fijos de la costa, tales como edificaciones y mojones ... Estos registros son necesarios para diseñar la inclusión de retiros (zonas libres de infraestructura detrás de la playa) en los planes reguladores del uso de la tierra, como medida de adaptación al aumento del nivel del mar". El Parque Nacional Las Baulas no ha diseñado aún los retiros técnicamente necesarios para compensar el aumento del nivel del mar, de manera que la playa pueda desplazarse tierra adentro y continuar ejerciendo su función como sitio de anidación más importante del Pacífico Oriental para las tortugas baulas, especie en peligro crítico de extinción.

La zona de retiro es primordial para mantener la integridad de la franja de vegetación costera, que también se irá desplazando hacia atrás y que funciona como barrera natural para mitigar residuos de contaminación lumínica de edificaciones que desorientarían a las tortugas, así como para reducir con su

13 Fish M.R., I.M. Côté, J.A. Horrocks, B. Mulligan, A.R. Watkinson and A.P. Jones. 2008. *Construction setback regulations and sea-level rise: mitigating sea turtle nesting beach loss*. *Ocean and Coastal Management* 51:330-341.

sombra la probabilidad de sobrecalentamiento de los nidios¹⁴. Así mismo, será necesario establecer retiros prudenciales para permitir el retroceso paulatino de los manglares de este parque, sin perjuicio de su función ecológica. Los Parques Nacionales deben ser diseñados para cumplir su función protectora a largo plazo. WWF está preparando una labor coordinada con el SINAC y las autoridades de Las Baulas para precisamente abordar este desafío.

Compromiso internacional con la adaptación al cambio climático

En Abril del 2009 en San José, durante la 4^a Conferencia de las Partes de la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas, de la cual Costa Rica es miembro, se aprobó por consenso la resolución CIT-COP4-2009-R5 Adaptación de hábitats de las tortugas marinas al cambio climático, propuesta a la conferencia por el gobierno de Costa Rica. Esta resolución vanguardista exhorta a los países signatarios a fortalecer el diseño, identificar e implementar medidas correctivas y de adaptación al cambio climático dentro de los planes de manejo, planes reguladores, así como programas de protección y conservación de tortugas marinas y sus hábitats, entre otros. La implementación de medidas correctivas y de adaptación es un compromiso internacional, en el cual Costa Rica tiene desde ya un claro liderazgo en materia de tortugas marinas, como lo demuestra el proyecto de conservación de playa Junquillal, en donde ya se están implementando adecuaciones al manejo de la playa para mitigar los impactos del cambio climático. Está pendiente tal iniciativa en el parque nacional Las Baulas y en otras playas de anidación costarricenses, de importancia regional y global.

14 Mediciones realizadas por WWF en playa Junquillal indican que la franja de vegetación costera puede reducir la temperatura de incubación por unos 2-3 grados centígrados en la franja alta de la playa.

CONCLUSIÓN

Es necesario contar con modelos de inundación ante diferentes escenarios de aumento del nivel del mar para poder planificar mejor el desarrollo costero, de manera que tanto las tortugas marinas como los pobladores locales se beneficien. Este proyecto pretende contribuir con estudios de caso al conocimiento de los procesos costeros asociados a cambio climático en playas del Pacífico oriental tropical, que permitan un mejor manejo de los desafíos de erosión, ordenamiento territorial, conservación de biodiversidad marino-costera y desarrollo responsable. El futuro de Playa Grande depende de su capacidad de retroceder ante el aumento del nivel del mar y mantener a la vez las condiciones ecológicas idóneas para la anidación de la tortuga baula. Esto implica que la infraestructura existente y futura no obstaculice tal retroceso y que la zona de amortiguamiento del parque nacional sea garante de medidas de mitigación ambiental efectivas de cara a la futura ubicación de la playa, tierra adentro. Debido al retroceso pronosticado de la playa, una rectificación de los límites del parque que reduzca su ancho actual y permita el desarrollo de infraestructura continuado dentro de la franja de 125 metros a partir de la pleamar ordinaria actual no es una medida ni precautoria ni previsiva, y comprometería en el mediano y largo plazo su función ecológica como sitio de anidación de baulas, que es la razón de ser de esta área protegida. La implementación de medidas de adaptación al cambio climático en playas de anidación es un compromiso internacional ante la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas de la cual Costa Rica es signataria. Implementando tales medidas, Costa Rica tiene la oportunidad de mantener su liderazgo regional en conservación de tortugas marinas y como referente mundial en conservación de la biodiversidad.

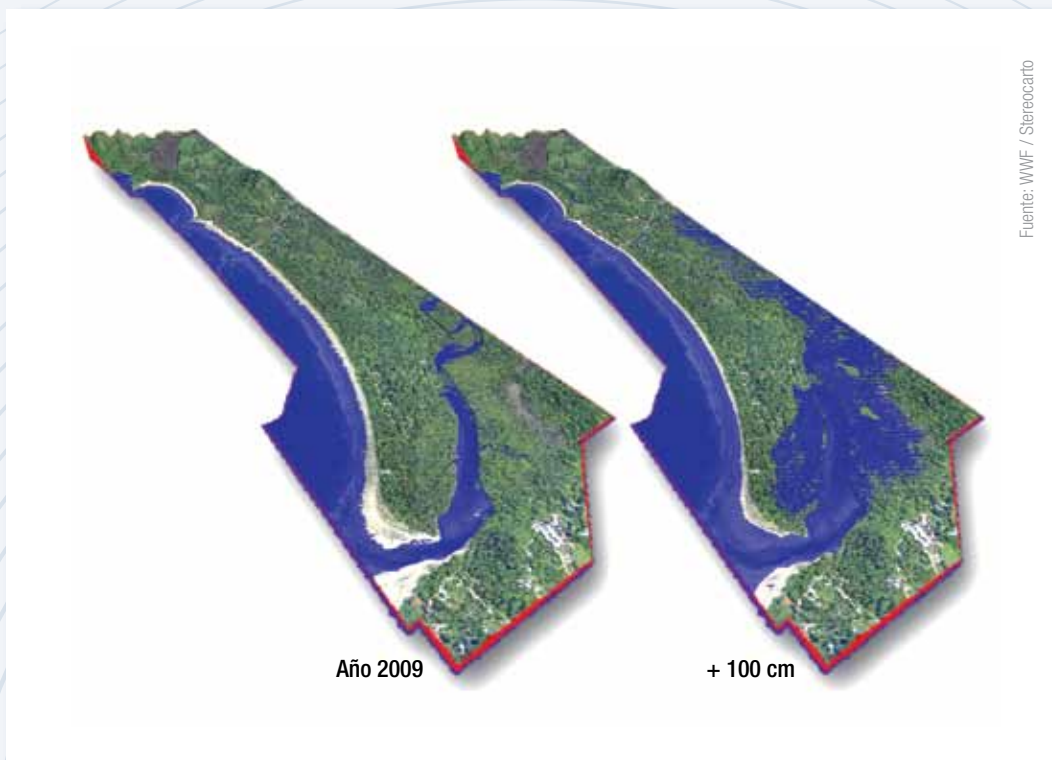


Figura 1. Ortofotografía inclinada de Playa Grande ilustrando el actual nivel del mar y el llenado correspondiente a 1 m de aumento del nivel del mar, probable para finales de siglo.

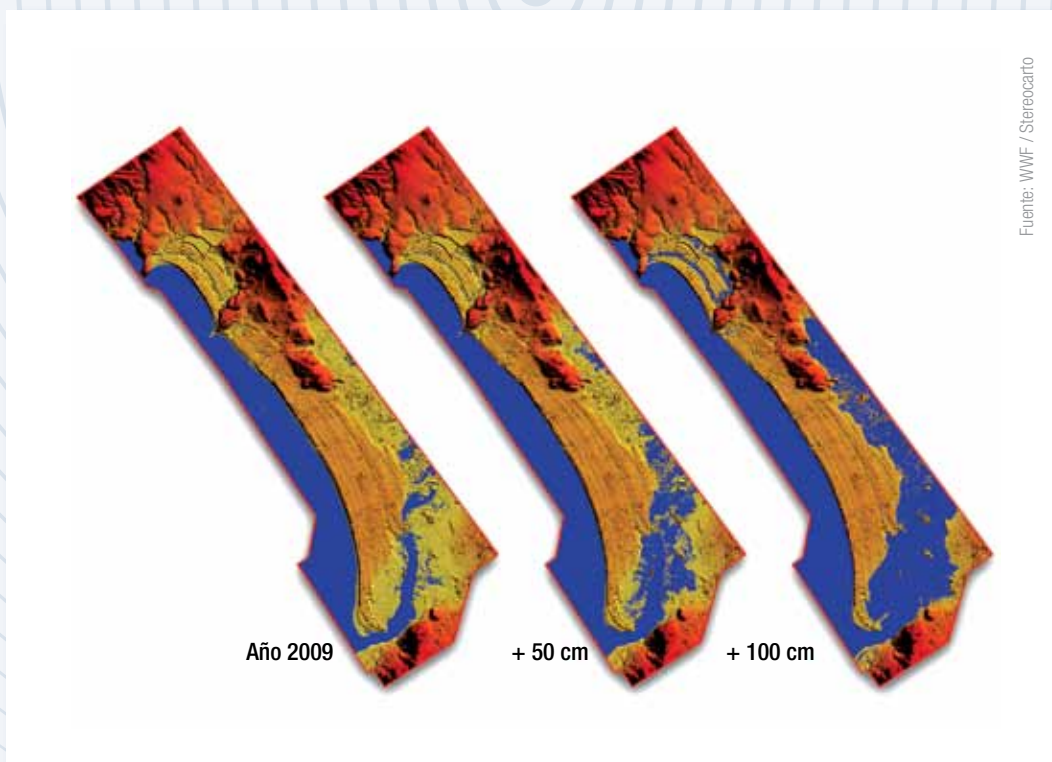
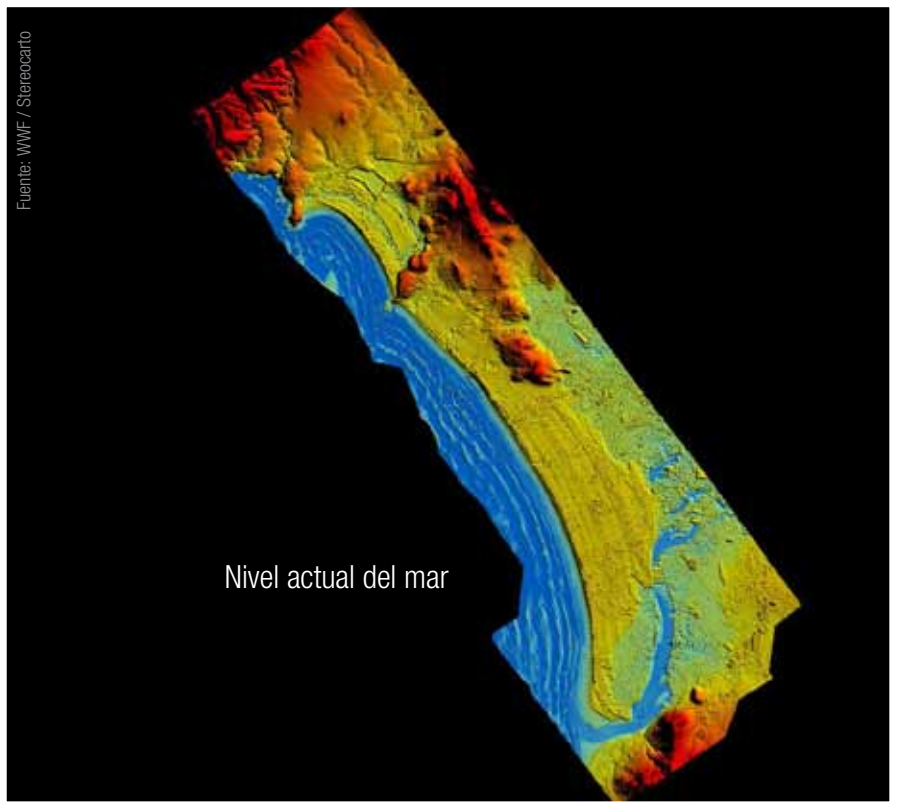


Figura 2. Imagen MDT de la topografía de Playa Grande ilustrando detalle de diferencias de elevación en el relieve en resolución vertical de 15 cm y el llenado correspondiente a 50 cm y 100 cm de aumento del nivel del mar.

Figura 3. Ortofotografía inclinada de Playa Grande, tomada el 6 de junio de 2009.



Figura 4. Imagen MDT de la topografía de Playa Grande ilustrando detalle de diferencias de elevación en el relieve en resolución vertical de 15 cm. Nótese la baja elevación de la zona del manglar alrededor del estero de Tamarindo y del estero detrás de Playa Ventanas. También resalta la duna de la playa con una altura un poco mayor que la de los terrenos detrás de la misma.





Fuente: WWF / Stereocarto



Fuente: WWF / Stereocarto

Figura 5. Comparación de imágenes verticales de ortofotografías en el sector este de Playa Grande ilustrando el nivel del mar actual (arriba) y el llenado con nivel del mar 100 cm mayor, estimado para fines de siglo. Esta imagen no incluye el desplazamiento esperado de 50 m de la playa hacia atrás (ver Fig. 9).



Figura 6. Comparación de imágenes verticales de ortofotografías en el sector central de Playa Grande ilustrando el nivel del mar actual (arriba) y el llenado por nivel del mar 100 cm mayor, estimado para fines de siglo. Esta imagen no incluye el desplazamiento esperado de 50 m de la playa hacia atrás (ver Fig. 9).



Fuente: WWF / Stereocarto



Fuente: WWF / Stereocarto

Figura 7. Comparación de imágenes verticales de ortofotografías de Playa Ventanas, sector oeste de Playa Grande, ilustrando el nivel del mar actual (arriba) y el llenado por nivel del mar 100 cm mayor, estimado para fines de siglo (abajo). Esta imagen no incluye el desplazamiento esperado de 50 m de la playa hacia atrás (ver Fig. 10).



Fuente: WWF / Stereocarto



Fuente: WWF / Stereocarto

Figura 8. Comparación de ortofotografías verticales de Playa Grande ilustrando el nivel del mar actual (arriba) y el nivel del mar 100 cm mayor, estimado para fines de siglo (abajo). Esta imagen recrea el desplazamiento esperado de 50 m de la playa hacia atrás en respuesta al aumento del nivel del mar. Algunas edificaciones quedarían sobre la playa misma, sujetas al impacto de las marejadas. Nótese la alta vulnerabilidad de la carretera paralela a Playa Ventanas a erosión eventual, al quedar situada sobre un banco de arena angosto, rodeado de agua por ambos frentes y expuesto al embate de las olas y marejadas (lado izquierdo en la imagen).

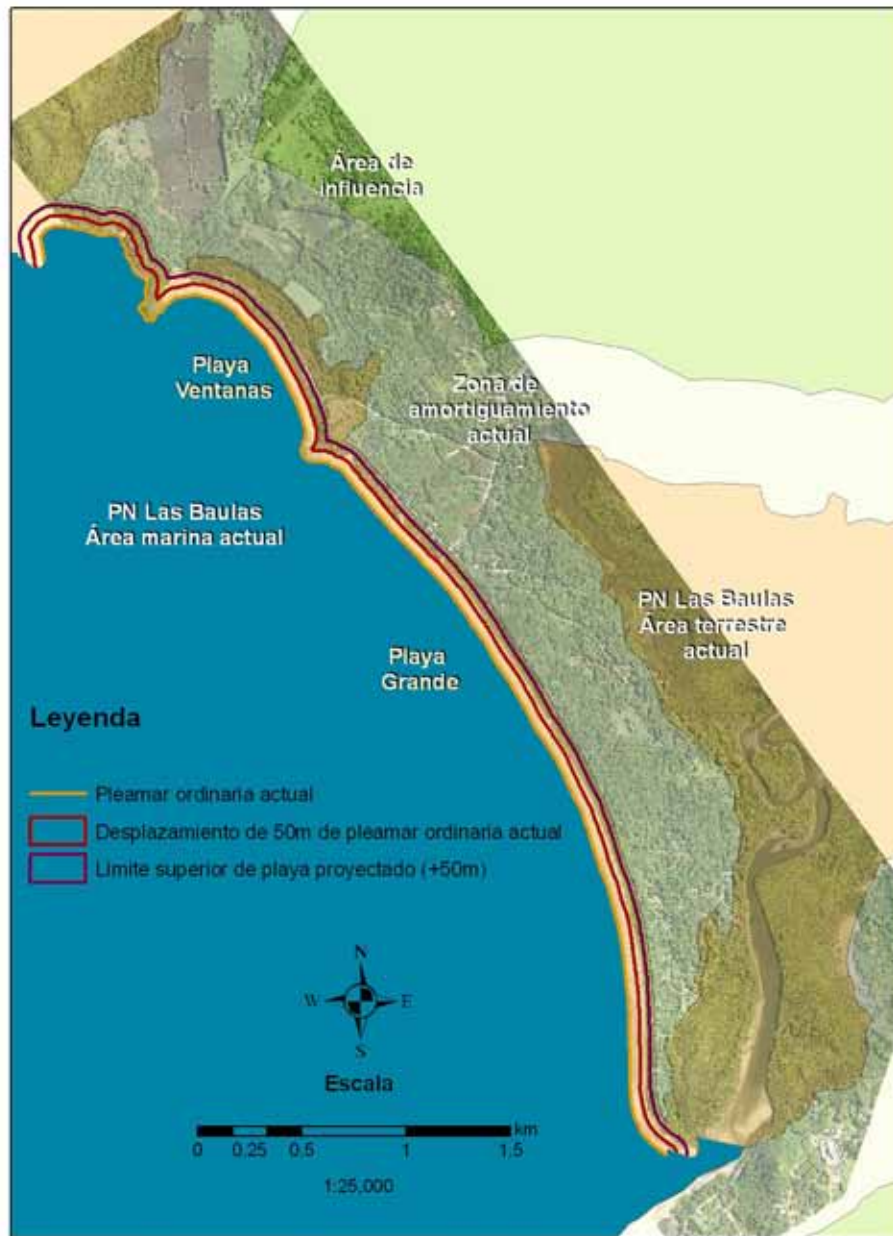


Figura 9. Ortofotografía vertical de Playa Grande, ilustrando áreas del Parque Nacional Las Baulas en este sector, así como la zona de desplazamiento esperado de 50 m de la playa hacia atrás en respuesta al aumento del nivel del mar, estimado por medio de la regla de Brunn (ver texto).

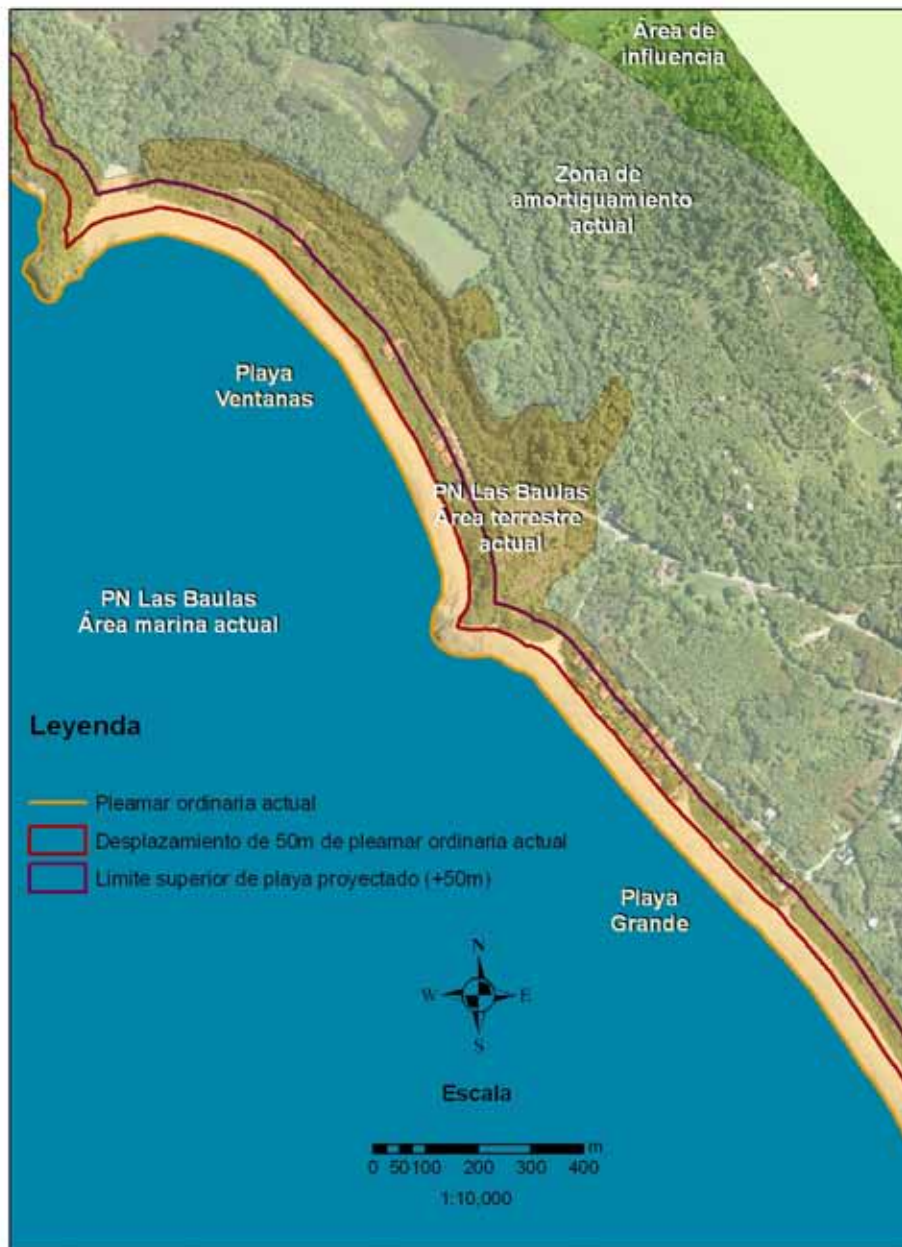


Figura 10. Ortofotografía vertical de Playa Grande y Playa Ventanas, ilustrando áreas del Parque Nacional Las Baulas en el sector noroeste, así como la zona de desplazamiento esperado de 50 m de la playa hacia atrás en respuesta al aumento del nivel del mar, estimado por medio de la regla de Brunn (ver texto).





WWF es una de las organizaciones independientes de conservación más grandes y con mayor experiencia en el mundo. WWF nació en 1961 y es conocida por el símbolo del panda. Cerca de 5 millones de personas cooperan con WWF, y cuenta con una red mundial que trabaja en más de 100 países.

WWF trabaja por un planeta vivo y su misión es detener la degradación ambiental de la Tierra y construir un futuro en el que el ser humano viva en armonía con la naturaleza:



- Conservando la diversidad biológica mundial
- Asegurando que el uso de los recursos naturales renovables sea sostenible
- Promoviendo la reducción de la contaminación y del consumo desmedido

WWF Centroamérica

Teléfono: +506 2234 8434

Fax: +506 2253 4927

Correo electrónico:

info@wwfca.org

Apdo. Postal: 629-2350

San Francisco de Dos Ríos,
San José, Costa Rica

[www.panda.org
/lac/marineturtles](http://www.panda.org/lac/marineturtles)