

ECOSISTEMA PACOCHE – SAN LORENZO: Potencialidades como indicador de cambio climático para Manabí



Ing. Manuel Contreras López, Mg. Sc.

Docente Titular Departamento de Ciencias de la Ingeniería; Facultad de Ingeniería e Investigador Especialista en Cambio Climático, Centro de Estudios Avanzados, Universidad de Playa Ancha – Chile
manuel.contreras@upla.cl



Ing. Tito Erazo Cedeño

Director Departamento Medio Ambiente, Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí
erazo@gmail.com



Ing. Enrique Bello Pinargote

Técnico Ambiental, Departamento Medio Ambiente, Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí
enrikitsbello@hotmail.com



Ing. Jimmy Cevallos Zambrano, Mg. Sc.

Técnico Ambiental, Departamento Medio Ambiente, Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí
jimmycev@hotmail.com



Biol. Cosme Solís Rodríguez, Mg. Sc.

Vicepresidente de la Asociación de Biólogos de la Provincia de Manabí, Docente, Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí
cosoro@hotmail.es

RESUMEN

El bosque húmedo emplazado en el ecosistema Pacoche – San Lorenzo, se sustenta a un equilibrio del ciclo hidrológico y la circulación de vientos locales sobre accidentes geográficos característicos, permitiendo así la subsistencia de un clima húmedo y la flora y fauna asociada al interior de una zona semi – árida con menos de 200 mm de precipitaciones anuales. Esto hace que la extensión y biodiversidad del bosque húmedo sea una respuesta de la orografía del sector y al mismo tiempo, sensible a los efectos del cambio climático debido al calentamiento global.

Por otra parte, la zona costera de este ecosistema posee playas de anidación de tortugas emplazadas en las inmediaciones de la segunda punta más occidental del continente, lo que expone estas playas a los más leves cambios en los patrones de oleaje, y esto a su vez afecta el éxito de eclosión de los nidos de tortugas marinas. Otro factor que altera el éxito de eclosión de dichos nidos es el alza del nivel medio del mar; debido a la dilatación terrestre del océano, donde una tasa de cambio de milímetros por año puede significar una modificación de centímetros de la línea de más alta marea. En el presente trabajo se ilustra y discute cómo estos dos elementos se pueden combinar para constituir un macro – bioindicador de cambio climático en las costas de la provincia de Manabí.

Palabras claves: Bioindicadores, oleaje, alza nivel del mar, bosque seco, bosque húmedo, tortugas marinas, RVSMC Pacoche.

ABSTRACT

The humid forest located in the ecosystem Pacoche - The San Lorenzo, it is sustained to a balance of the hydrological cycle and the traffic of local winds on geographical typical accidents, allowing this way the subsistence of a humid climate and the flora and fauna associated with the interior of a zone semi - arid with less than 200 mm of annual rainfalls. This does that the extension and biodiversity of the humid forest is a response of the orography of the sector and at the same time, sensitively to the effects of the climate change due to the global warming.

On the other hand, the coastal zone of this ecosystem possesses beaches of anidación of tortoises located in the surrounding areas of the most western second top of the continent, which exposes these beaches to the slightest changes in the bosses of surge, and this in turn affects the success of appearance of the nests of marine tortoises. Another factor that alters the success of appearance of the above mentioned nests is the rise of the average level of the sea, due to the expansion it ends of the ocean, where an exchange rate of millimeters per year can mean a modification of centimeters of the line of higher tide. In the present work it learns and discusses how these two elements can combine to constitute a macro - bioindicador of climate change on the coasts of Manabí's province.

Keys words: Bioindicadores, surge, lifts level of the sea, dry forest, humid forest, marine tortoises, RVSMC Pacoche.

Recibido: 17 de mayo, 2012

Aceptado: 8 de junio, 2012



INTRODUCCIÓN

El Ecosistema de Pacoche – San Lorenzo (EPSL) se encuentra emplazado en las inmediaciones del cabo San Lorenzo ($1^{\circ}3'36''S$; $80^{\circ}54'41''W$), que es la punta más sobresaliente de la costa en la provincia de Manabí. Este ecosistema sustenta un característico y delicado bosque húmedo enclavado en el interior del bosque seco ecuatorial de la región de Tumbes. Así, este bosque húmedo se encuentra al interior de una zona bioclimática Semi – árida, en que se producen menos de 200 mm anuales de lluvia (Alvarado, 2005). De esta forma, el bosque húmedo se sustenta gracias a un delicado equilibrio del ciclo hidrológico local, donde la humedad de las masas de aire sobre el océano (enriquecida por la evaporación de las aguas marinas), es arrastrada tierra adentro gracias a una circulación de viento local (brisa marina superficial), y que posteriormente es atrapada en forma de garúa por las denominadas montañas de Pacoche y que le da vida finalmente a estos bosques “productores” de agua. En octubre del 2008, el Ministerio del Ambiente de Ecuador reconoció como un área con alto valor de conservación a los bosques

productores de agua, que se encuentran en los cerros de Pacoche, y a las cuatro (4) millas del área marina costera localizadas frente a su línea de playa en San Lorenzo (MAE, 2009), constituyendo así un área protegida de 13.545 hectáreas denominada “Refugio de Vida Silvestre Marino Costera, RVSMC Pacoche”, y que protege entonces parte del EPSL (figura 1). El EPSL se encuentra emplazado sobre dos unidades geológicas reconocibles (UNOCAL, 2002):

- Formación “San Mateo”, litológicamente formada por areniscas, conglomerados y arcillas de la edad del “eoceno medio superior”. En este tipo de formaciones, se encuentran acuíferos en forma local o discontinua.
- Formación “Tablazo”, conformada por areniscas, conglomerados y bancos calcáreos, de la edad del “Pleistoceno”, generalmente sin acuíferos o muy pobres. En esta formación nacen los cauces de los ríos que tienen carácter intermitente y que cuando tienen agua las entregan directamente al mar. La formación San Mateo, prácticamente encierra a la formación Tablazo. Siguiendo el litoral costero, sobre el cabo de San Lorenzo, se inicia una falla geológica orientada perpendicularmente a la línea costera (dirección W - E), en una

longitud aproximada de 20 km, con el lado hundido de la falla dirigido hacia el norte.

Esta caracterización geológica es coherente con los diferentes indicios de un suceso geológicamente violento acontecido en la zona: estratificaciones discontinuas y con cortes en ángulos inclinados, rocas de origen sedimentario, aglomeradas y volcánicas. Por otra parte, existen evidencias de severas acciones de forzantes físicos (grandes rocas en lechos secos de ríos, reflejando que esporádicamente o en tiempos pretéritos sus caudales han sido mucho más importantes; erosión costera por acción de viento, lluvia, marejadas; marcas de erosión de nivel medio del mar en tiempos pasados; meteorización de conglomerados y rocas calcarías, entre otros).

Las Montañas de Pacoche, están formadas por dos elevaciones cuyas alturas varían entre los 100 y 300 metros sobre el nivel del mar, son cadenas montañosas que en su recorrido de NW a SW, forma un pequeño valle con anchuras variables, dentro de esta cadena montañosa, sobresalen la Loma de Mazo con 283 metros sobre el nivel del mar el extremo SW de la montaña y la Loma de Ligüique con 245 metros sobre el nivel del mar (Alvarado, 2005 *op. cit*).

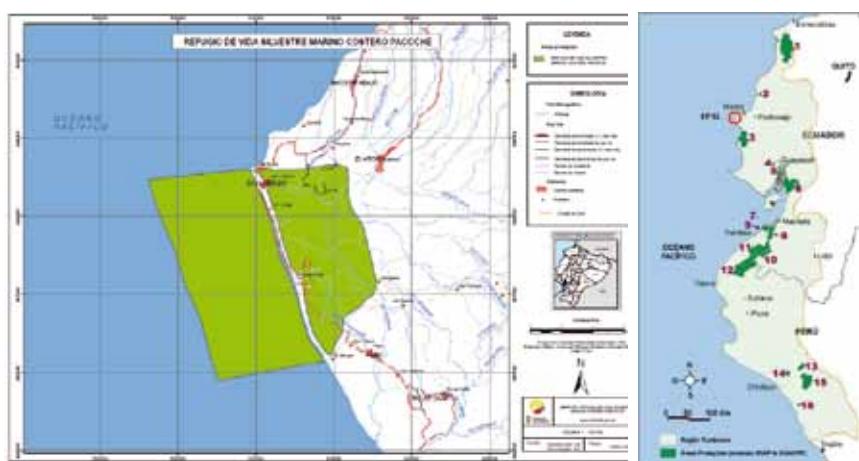


Figura 1: A la izquierda se presenta la localización y mapa de extensión del área protegida por el MAE (Refugio de Vida Silvestre Marino Costera “Pacoche”). A la derecha se muestra la Región Tumbes (bosques secos ecuatoriales), sus principales áreas protegidas en Ecuador y Perú, y se destaca el emplazamiento del Ecosistema Pacoche – San Lorenzo (EPSL). **Fuente:** Adaptado de MAE y DarwinNet.

Debido a las características orográficas y de flora, el EPSL tiene la capacidad de modificar el clima local y áreas inmediatamente adyacentes, como las áreas comprendidas entre Pacoche y el Cerro Montecristi (El Aromo, Ligüique, Pacoche, San Lorenzo, Piñas y Santa Rosa son comunes beneficiadas por este clima de manera externa; mientras que Bajos de Afuera, Pechiche, La Palma, entre otros, se encuentran dentro del área de influencia directa de este microclima). Debido a esta modificación del clima local, las temperaturas dentro de las montañas varían en un rango inferior entre los 19,5° C y 22,5° C (UNOCAL, 2002: 69) con una humedad relativa del orden del 80%, con relación a las temperaturas exteriores que varían entre los 25,5° C y 27,0° C (Alvarado, 2005). Los acuíferos que se encuentran en el bosque de Pacoche, están ubicados sobre los cauces de los ríos o en las orillas de los mismos (UNOCAL, 2002 *op. cit.*). De acuerdo con la formación geológica sobre las que se asienta el bosque, los acuíferos son ricos en agua, debido a la característica misma de la formación y a la continua recarga que la vegetación proporciona ya que la humedad traída por las masas de aire es atrapada por el

folaje de los árboles formándose garúas constantes especialmente sobre los 200 msnm, alcanzando precipitaciones acumuladas que superan los 1000 mm al año (UNOCAL, 2002: 73). En el componente marino existen aguas costeras someras, arrecifes rocosos, playas arenosas, rocosas y mixtas. Estos ecosistemas son habitados, o visitados, por varias especies consideradas, por la IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) bajo riesgo de extinción, además de estar protegidas por la legislación nacional: En peligro: la tortuga laud, en la categoría vulnerable: el caballito de mar del Pacífico, la tortuga marina golfito, el lobo marino de dos pelos y la ballena jorobada. Varias de estas especies habitan o utilizan los arrecifes rocosos y las playas aisladas que se encuentran entre el Cabo San Lorenzo y la punta Cangrejo en la población de Ligüíqui (MAE, 2009). Estas características únicas del bosque húmedo de Pacoche, la gran biodiversidad presente, y los delicados equilibrios que sustentan el sistema, motivaron a desarrollar una investigación exploratoria con el fin de reunir antecedentes que permitan determinar si sería posible utilizar al EPSL como un indicador de cambio climático.

JUSTIFICACIÓN

El cambio climático y sus efectos sociales, económicos y ambientales se han transformado en el problema central que afecta actualmente al planeta y sus diversas regiones. El Grupo Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), formado por 600 científicos, sostiene en su informe emitido a comienzos de febrero 2007 que el calentamiento de la Tierra es irreversible debido a las emisiones de gases de efecto invernadero en la era industrial, y como consecuencia de la acción humana las temperaturas este siglo subirán entre 1,8° C y 4,0° C. Desde el mes de abril del presente año 2011, dicho panel de experto se ha reunido nuevamente y se espera que en su informe final se incorpore un análisis más profundo de los efectos en la zona costera, los que han sido escasamente tratados en los informes anteriores. Las proyecciones y escenarios que plantea el IPCC son en una macro escala regional y planetaria, no considerando los efectos locales del calentamiento global, los que están siendo abordados por múltiples grupos de investigación en la actualidad.

En virtud de las evidencias del calentamiento global, resulta natural preguntarse acerca de lo que podría ocurrir en el siglo que comienza, ya que el sistema de desarrollo de la humanidad continúa con el uso de combustibles fósiles y los procesos que emiten gases de efecto invernadero, GEI. Al respecto se han desarrollado distintos modelos de pronóstico de las condiciones de Calentamiento Global que se presentarán en el futuro, destacándose el Informe Especial de Escenarios de Emisiones IEEE desarrollado por el IPCC en el año 2000 (IPCC, 2001; citado por Molina, 2011), que presenta distintos escenarios agrupados en cuatro familias (A₁, A₂, B₁ B₂) que exploran vías de desarrollo alternativas incorporando toda una serie de fuerzas demográficas,

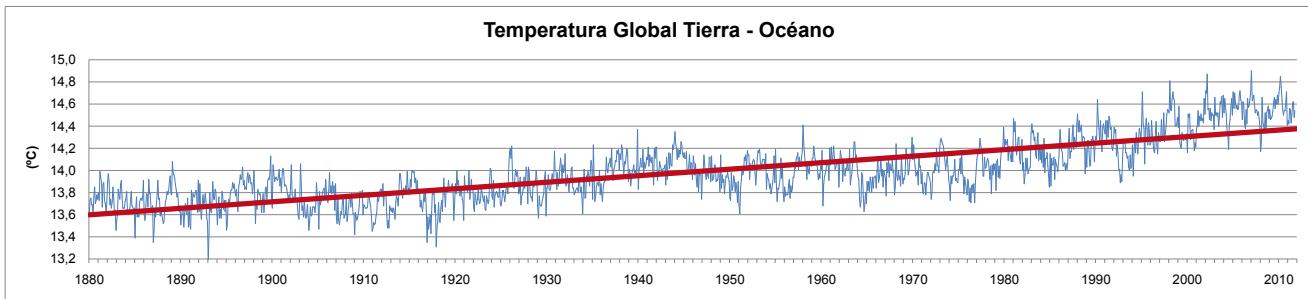


Figura 2: Estimación variaciones mensuales de la temperatura planetaria (azul) basados en el índice Tierra – Océano (LOTI). Disponible en <http://data.giss.nasa.gov/gistemp>. Se ha ilustrado el ajuste de una tendencia lineal (rojo) que muestra como en los últimos 130 años la temperatura del planeta ha pasado de los 13.6° C a los 14.2° C.

económicas y tecnológicas, junto con las emisiones de GEI resultantes:

- **A₁:** Presupone un crecimiento económico mundial muy rápido, un máximo de la población mundial hacia mediados de siglo, y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. Se divide en tres grupos, que reflejan tres direcciones alternativas de cambio tecnológico: intensiva en combustibles fósiles (A₁FI), energías de origen no fósil (A₁T), y equilibrio entre las distintas fuentes (A₁B).
- **B₁:** Describe un mundo convergente, con la misma población mundial que A₁, pero con una evolución más rápida de las estructuras económicas hacia una economía de servicios y de información.
- **B₂:** Describe un planeta con una población intermedia y un crecimiento económico intermedio, más orientada a las soluciones locales para alcanzar la sustentabilidad económica, social y medioambiental.
- **A₂:** Describe un mundo muy

heterogéneo con crecimiento de población fuerte, desarrollo económico lento, y cambio tecnológico lento.

De las proyecciones expuestas es posible observar que existen perspectivas optimistas y pesimistas respecto al desarrollo de este siglo, presentándose desde emisiones que disminuirán al final del siglo (B₁ y A₁T) hasta escenarios en la que las emisiones son el triple del que se presenta en la actualidad (A₂), estos escenarios implican que en los casos extremos la temperatura media del planeta se incrementará entre 1.8° C y 3.6° C para los escenarios B₁ y A₂ respectivamente. En el caso hipotético que las concentraciones se mantengan constante e iguales a la situación actual a lo largo del siglo, la temperatura del planeta de igual forma elevará su temperatura, pero hasta 0.5° C respecto del nivel actual. De esta forma, independientemente del escenario considerado, el calentamiento global seguirá actuando hasta un

nivel que aún no podemos precisar (Molina, 2011; Henson, 2008).

La Figura 3 describe los cambios de temperatura en todo el globo para la última década del siglo XXI considerando el escenario A1B y estableciendo las diferencias respecto a la temperatura media del intervalo 1980-1999. En ella se observa que las mayores variaciones se producen en el hemisferio norte debido principalmente a la mayor proporción de tierra con respecto al hemisferio sur, lugar donde las grandes masas de agua de los océanos en conjunto con el continente Antártico actúan como amortiguador de las diferencias de temperatura. Sin embargo, Ecuador sería afectado hasta en tres grados en la Sierra y cuatro en la Amazonía, mientras que la costa en dos grados. Es interesante también observar lo que ocurriría con la corriente y contra corriente ecuatorial en el océano pacífico, donde la temperatura se elevaría al menos medio grado con respecto a las masas de agua vecinas.

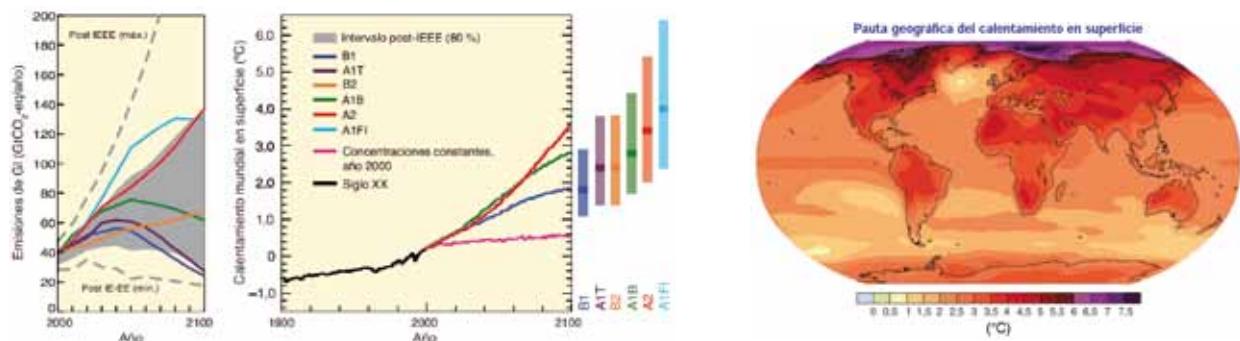


Figura 3: Izquierda: Escenarios de emisiones de GEI de 2000 a 2100 y proyecciones de la temperatura. Derecha: Cambios de temperatura superficial mundial proyectados para finales del siglo XXI (2090-2099) respecto al período 1980-1999 para el escenario A₁B. **Fuente:** IPPC (2007).

OBJETIVOS

El presente trabajo corresponde a una investigación de carácter exploratorio que busca establecer las bases para verificar las potencialidades reales del EPSL como indicador de cambio climático en la zona costera de la provincia de Manabí. Para ello se proponen los siguientes objetivos específicos:

- Levantamiento de Información Exploratoria en Tierra: geo - referenciar y posicionar puntos de interés, que puedan servir para levantamientos y modelaciones 3D del área (indispensable para modelar circulaciones locales de viento, escurrimientos, y otros).
- Levantamiento de Información Exploratoria en Playa: Identificar patrones de rompiente de oleaje que den cuenta de la hidrodinámica de la playa, fenómenos de transporte de sedimentos, corroboración de los pronósticos de marea del INOCAR, y otros aspectos similares.

DATOS Y METODOLOGÍA

Se utilizaron la serie GLOTI, que consiste en los promedios mundiales mensuales de las estaciones de temperatura tierra–océano, disponible en el sitio web de la National Aeronautics and Space Administration (NASA, 2011); y la serie de registros diarios de parámetros atmosféricos en la Estación de Manta entre los años 1977 a noviembre de 2011. En meteored.com se extrajo la información histórica climática de vientos, temperatura, presión atmosférica de las estaciones más cercanas disponibles (Aeropuerto de Manta).

Para el registro de parámetros en terreno, se contó con un instrumento portátil multiparamétrico de aguas para analizar pH, Temperatura, conductividad, entre otros; GPS profesional, para registrar posiciones geográficas con errores del orden de 3 metros en la horizontal; y otros instrumentales digitales de

campo como cámaras digitales, binoculares e implementos adecuados para el registro de datos en terreno con ambiente de garúa y el litoral costero. Con ayuda del GPS, se procedió a posicionar cada 20 m, con un error de 3m, senderos recorridos, línea de playa, bermas de playa, y otros puntos de interés.

Se adquirió y consultó la carta náutica INOCAR N°104 (Punta Jaramijó a Isla Salango) con sondajes actualizados al 21 de Junio de 1993 y re-impresa el año 2004, en la escala 1:100.000, así como también se consultaron los pronósticos de marea para los sectores más cercanos al lugar de estudio (Puerto López y Puerto de Manta).

La Unidad de Medio Ambiente de la ULEAM, contaba además con diversos antecedentes históricos (investigaciones, registro de prensa, tesis de grado) del bosque de Pacoche y el sector de estudio. Estos antecedentes fueron analizados. Se consultó en bibliotecas especializadas antecedentes sobre algunas de las especies presentes de acuerdo al actual Plan de Manejo, junto con otros

aspectos técnicos. También se realizaron entrevistas no estructuradas con los lugareños y pescadores del lugar, de manera de levantar información relevante, y en lo posible histórica.

Con el instrumental disponible, se analizaron algunos parámetros del agua y se levantó y registró información de campo (avistamiento de aves, identificaciones de amenazas y vulnerabilidades, entre otros). Esta información se volcó en el SIG GoogleEarth. Debido al volumen de datos levantados, fue preciso implementar rutinas especiales de programación en el lenguaje SCILAB para procesar los *waypoint* y las observaciones consignadas.

Para estudiar la playa, se utilizó la metodología propuesta por Marcos *et al* (2009), que se basa en un relevamiento descriptivo semi-cuantitativo, que brinda un caudal de información confiable y permite inferir el comportamiento de la playa en función del tiempo. Para ello se realizaron bosquejos topográficos de sectores definidos de la playa, volcando la información con una simbología preestablecida, indicando la orientación de barras,

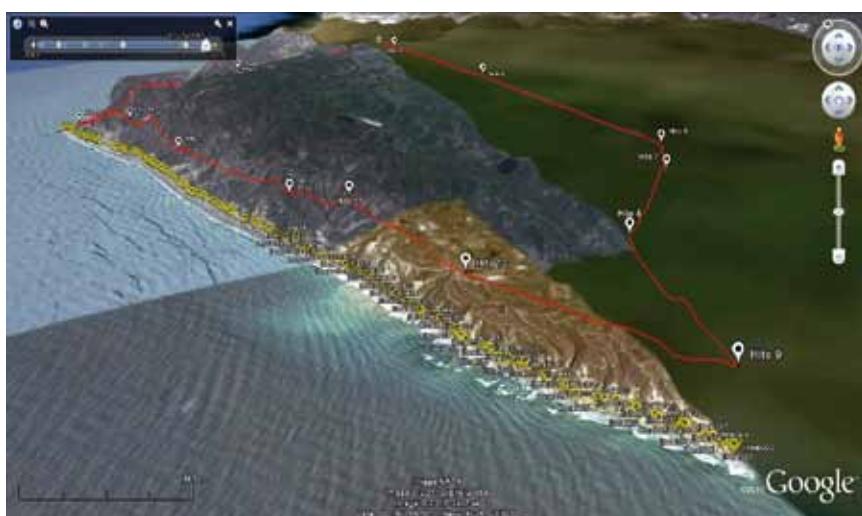


Figura 4: En rojo, límites terrestres del RVSMC Pacoche; en blanco los hitos que delimitan el área protegida (gentileza guardaparque Cyntia Mizobe), en amarillo se muestran los waypoints correspondientes al recorrido costero realizado en la presente investigación. Se pueden apreciar las montañas de Pacoche alineadas con respecto al cabo San Lorenzo (al fondo) y la zona del bosque húmedo (en gris) enclavada dentro del bosque seco (en café). En el cuerpo de agua se aprecian los patrones de asombramiento de oleaje en las costas. **Fuente:** elaboración propia y uso de GoogleEarth.

canales, afloramientos, corrientes de flujo, etc. Las dimensiones fueron estimadas según una grilla métrica. La grilla referenciada se construyó con elementos de fácil reconocimiento, presentes en la costa, las que luego se podrán identificar en campañas sucesivas a los efectos de comparar los cambios sufridos por la playa durante un período determinado. Los registros fueron transferidos a una base de datos digital gráfica, para generar mapas mediante un programa de graficación y Sistema de Información Geográfica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la campaña de terreno se recolectaron, con el uso del GPS profesional, 751 *waypoint* con un rango de precisión de 3 [m] en el 90% de los casos. Con estos puntos y el sistema de información geográfico abierto GoogleEarth, se modelaron (figuras 4 y 6): a) Ruta Sendero Pasaje el Mono, b) Ruta Sendero Faro Cabo San Lorenzo y c) Ruta Recorrido Litoral costero. Durante el recorrido costero, se pudo delimitar los sectores de anidación de tortugas marinas, identificar zonificaciones debido a los cambios de marea y oleaje, clasificar las playas de acuerdo a la energía de oleaje presente (figura 5) e identificar diversas especies de flora y fauna presentes (Tabla I).

EQUILIBRIO BOSQUE HÚMEDO

La brisa marina superficial es un viento local que corresponde a una corriente de convección en la atmósfera provocada por la diferencia de temperatura entre el mar y la tierra (Simpson, 1994). Durante el día, como la tierra tiene en promedio un calor específico cinco veces más pequeño que el agua de mar, se calienta más deprisa que el cuerpo de agua adyacente; por lo cual la temperatura



Figura 5: a). Panorámica 180° playa de arena de San Lorenzo, lugar de anidación de tortugas marinas. Al fondo se aprecia el cabo San Lorenzo. b) Playa La Tiñosa, se puede apreciar el intermarial rocoso en un momento de bajamar. c) Zonificación presente en el intermarial de los acantilados presentes en el litoral sur del RVSMC Pacoche, también en un momento de bajamar.

es más alta en la tierra. El aire que se encuentra sobre la tierra, se calienta y asciende, el vacío que deja es sustituido por el aire menos caliente procedente de la mar. De esta manera se produce la brisa marina.

Cuando se pone el Sol, la tierra se enfriá antes. En consecuencia, el aire que está encima del mar está más caliente, por lo que asciende, y ahora, el aire frío (situado encima de la tierra) se desplaza hasta

ocupar el lugar del aire caliente. Por ello se produce una brisa que se dirige desde la tierra hacia el mar, pero que en general es más débil.

En el EPSL se conjugan además algunas condiciones únicas que permiten una relación sinérgica de la brisa marina con la orografía del sector y el perfil costero, intensificando un viento adiabático y facilitando así el efecto föhn en las montañas de Pacoche.

Tabla 1: Algunas especies de flora identificadas durante los diferentes recorridos realizados

Nº	Especie (nombre científico)	Tipo
1	<i>Aechmea nudicaulis</i>	Nativa
2	<i>Bromelia pinguin</i>	Introducida
3	<i>Carludovica Palmata</i>	Nativa
4	<i>Ceiba trichistandra</i>	Nativa
5	<i>Eucalyptus melliodora</i>	Introducida
6	<i>Ficus grandifolia</i>	Introducida
7	<i>Guadua angustifolia</i>	Nativa
8	<i>Nephrolepis exaltata</i>	Nativa
9	<i>Phytelephas macrocarpa</i>	Nativa
10	<i>Prosopis pallida</i>	Nativa
11	<i>Samanea saman</i>	Nativa
12	<i>Tamarindus Indica</i>	Introducida
13	<i>Xanthosoma sagittifolium</i>	Introducida
14	<i>Cecropia</i>	Nativa
15	<i>Crescentia alata</i>	Nativa

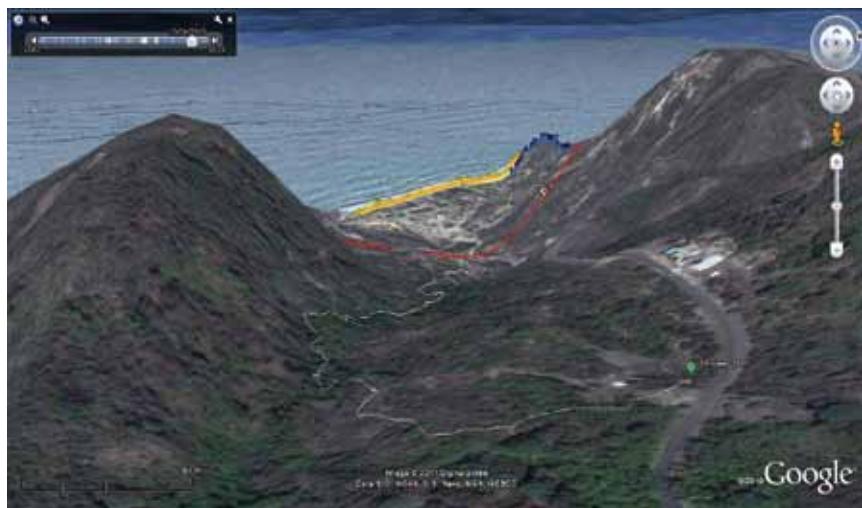


Figura 6: Loma de Mazo (283 msnm) y Loma de Ligüique (245 msnm). Al centro la línea continua blanca muestra el sendero Pasaje El Mono del RVSNC Pacoche que cruza el bosque húmedo, con una extensión de 1645m de extensión Al fondo en amarillo se muestra recorrido costero realizado; en azul, el Sendero Faro Cabo San Lorenzo y los límites del refugio en rojo.

Fuente: Google Earth.

La forma de la costa puede fortalecer o debilitar la convergencia y la convección a lo largo de un frente de brisa marina. El flujo de aire del mar hacia un litoral de forma cóncava, como una bahía, se vuelve divergente. El flujo divergente impide la convergencia y el ascenso del aire a lo largo del frente de brisa marina. Sin embargo, cuando la costa es convexa el flujo de aire hacia tierra firme se torna convergente, lo cual intensifica la convergencia y el ascenso del aire a lo largo del frente de brisa marina. Los cabos y las puntas son ejemplos de fronteras océano-tierra con forma convexa que a menudo se asocian con un aumento en la convección y las tormentas. En efecto, al encontrarse el EPSL en las inmediaciones del cabo San Lorenzo, esta punta facilita la convergencia de la brisa marina local, lo que facilita su intensificación (Simpson, 1994).

Por otra parte, el accidente orográfico constituido por las elevaciones Loma del Mazo y Loma de Ligüique (Figura 6), se encuentra orientado de tal forma con respecto a la línea de costa, que sirve de verdadera "trampa" para la humedad arrastrada por la brisa marina superficial,

facilitando la presencia de la garúa permanente que sustenta el bosque húmedo.

Este viento local es bien conocido (Simpson, 1994), pero no se han estudiado las fluctuaciones que experimenta bajo la inversión de los vientos alisios en condición El Niño, así como las alteraciones en las tasas de evaporación en condición La Niña (figura 7), que explican los cambios en el mínimo de temperatura registrados en la estación meteorológica del aeropuerto de Manta (figura 7).

PLAYAS, ANIDACIÓN DE TORTUGAS MARINAS Y CAMBIO CLIMÁTICO

Existen suficientes antecedentes que muestran la alarmante reducción de la población de tortugas marinas, explicando esta reducción por la interacción con los esfuerzos pesqueros (Giffoni, *et al* 2008), el saqueo de huevos (CIT, S/F), alteraciones de los sitios de anidación, explicaciones microbiológicas como la presencia de hongos en los nidos (Sarmiento-Ramírez, *et al* 2010), y los efectos del cambio climático (ASVO, 2009).

En Chile, se han realizado diver-

sos estudios sobre los posibles efectos del cambio climático ante los escenarios identificados por el IPCC (2007). Entre ellos se cuenta Winckler *et al* (2009), CEPAL (2009), Contreras (2010). De estos estudios, uno de los principales resultados fue obtenido por Molina (2011), quién logró establecer que en la costa de Chile, unos de los efectos del cambio climático sería el cambio en la dirección de los patrones de oleaje. Esto significa en la práctica que en el futuro cercano se espera un cambio en los delicados equilibrios hidrodinámicos que sustentan las formaciones de playas a lo largo de la costa del Pacífico (Molina y Contreras, 2011) y en particular en las costas de Manabí. Este efecto también se ha registrado en las costas de Australia (Hemer, *et al* 2010).

Este fenómeno se explica principalmente por una modificación de las zonas de generación del oleaje, tanto en Australia (swell del Sur) y en Alaska (swell del Norte). El responsable último de estos cambios de clima de oleaje, estaría en el cambio de frecuencia e intensidad que se encuentra experimentado el Fenómeno El Niño - Oscilación Sur, tanto en su fase cálida (El Niño), como principalmente en su fase fría (La Niña). Al parecer este cambio de comportamiento es una consecuencia más del calentamiento global.

Surgen así interrogantes sobre lo que podría pasar en las áreas de anidación de tortugas marinas de Pacoche. En efecto, ha sido tradicionalmente aceptado que la erosión de playas puede ser natural y parte del proceso dinámico del sistema costero. De esta forma se considera que la erosión de playas no implica impactos negativos a largo plazo del hábitat de anidación de las tortugas marinas. Sin embargo, un efecto en los cambios de patrón de oleaje de mar de fondo, puede acelerar la erosión de las playas, provocando la degradación o destrucción del hábitat de anidación (Figura 8).



Figura 7: Arriba: modelo de convección, temperatura y surgencia, en condición Niño, Media y Niña. (Maturana, et al. 2004). Abajo. Temperaturas diarias en °C registradas en la estación Aeropuerto de Manta entre los años 1977 y 2011.

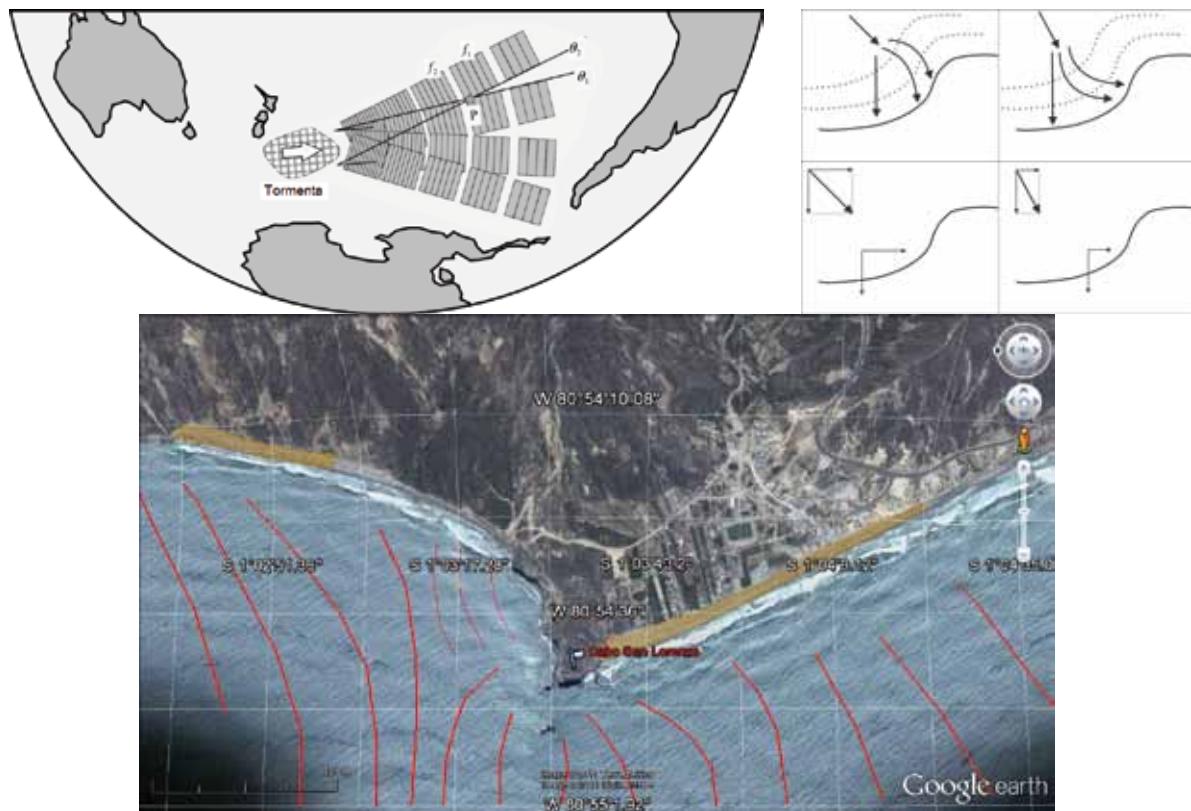


Figura 8: Arriba, Izquierda: Emplazamiento zona generación del oleaje mar de fondo del sur. Se ilustran los posibles cambios de la trayectoria del oleaje, al cambiar la orientación y posición de la zona de generación. Fuente: Molina (2011). Arriba, Derecha: variación en planta del equilibrio de una playa ante variación de la dirección de incidencia del oleaje. Abajo: ortogonales de aproximación del oleaje en las inmediaciones del cabo San Lorenzo. La divergencia de estas ortogonales definen áreas de menor energía que posibilitan la conformación de una playa de anidación de tortugas marinas.

Fuente: Google Earth.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es reconocida la importancia del RVSMC Pacoche, como área indispensable para garantizar la existencia de la vida silvestre, con fines científicos, educativos y recreativos.

La biodiversidad y fragilidad del sistema y subsistemas que sustenta esta área, la posicionan como un macro indicador biológico, cuya resiliencia es posible calificar y cuantificar, si se cuenta con un adecuado levantamiento de información de línea de base.

Se han reunido suficientes antecedentes en esta investigación exploratoria que muestran la fragilidad del sistema en cuanto a la extensión del bosque húmedo emplazado en una zona seca; y

por otro lado la extensión de las playas de anidación de tortugas marinas. Ambos procesos son sensibles a fluctuaciones debidas a la variación climática asociada al calentamiento global.

La metodología propuesta es sumamente económica y no requiere de grandes y costosos equipos, y el personal para realizar estas tareas se puede conformar entrenando un equipo de trabajo que realice las mediciones en forma continua a lo largo del tiempo. Así se puede obtener una base de datos que permita hacer un seguimiento del comportamiento de la playa tanto en forma cualitativa como cuantitativa y considerar la influencia de la actividad humana y los forzantes físicos del clima sobre la línea de costa.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ministerio del Ambiente Ecuatoriano, que autorizó el proyecto de Investigación N°012 RM-DPM-MA; a la guardaparque Cyntia Mizobe Alcívar delegada por el MAE para supervisar el trabajo de campo y a la Dirección General de Investigación de la Universidad de Playa Ancha – Chile, que patrocinó el estudio de campo ante las autoridades ecuatorianas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, S. (2005). Análisis de las causas de degradación del bosque de Pacoche y su incidencia en el desarrollo de la comunidad desde una perspectiva de género y ambiente. Tesis ULEAM. 63pp.
- ASVO (2009). Los impactos del cambio climático en las tortugas marinas. Disponible en línea: http://www.asvocr.org/noticias/index.php?subaction=showfull&id=1256535246&archive=&start_from=&ucat=2& (agosto de 2011).
- CEPAL (2009). La economía del cambio climático en chile. Documento de síntesis. Disponible en línea: <http://ukinchile.fco.gov.uk/resources/es/pdf/16998220/informe-reccs>
- CIT (S/F). Declive de la tortuga Dermochelys coriacea en el Pacífico Americano. Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas. Disponible en línea (fecha de visita: agosto de 20011): <http://www.iacseaturtle.org/download/Decline%20of%20dermochelys%20ESP.pdf>.
- Contreras, M. (2010). Análisis de Series de Tiempo aplicados a la evaluación de los efectos del cambio climático sobre el nivel medio del mar en las costas de Chile. Tesis para optar al grado académico de Magíster en Estadística, Universidad de Valparaíso. 58pp
- Giffoni, B.; A. Domingo, G. Sales, F. Niemeyer y P. Miller. (2008). Interacción de tortugas marinas (*caretta caretta* y *dermochelys coriacea*) con la pesca de palangre pelágico en el atlántico sudoccidental: una perspectiva regional para la conservación. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 62(6): 1861-1870.
- Hemer, M.; J. Church y J. Hunter (2010). Variability and trends in the directional wave climate of the Southern Hemisphere. Int. J. Climatol. 30: 475–491, DOI: 10.1002/joc.1900.
- Henson, R. (2008). Climate Change. Rough Guides. Singapore. 384pp.
- IPCC (2007). Climate Change 2007: The Scientific Basis, Third Assessment Report.
- MAE (2009). Plan de Manejo del Refugio de Vida Silvestre Marina Costera Pacoche. Ministerio del Ambiente del Ecuador. 198pp. Disponible en (fecha de visita, noviembre de 2011): http://simce.ambiente.gob.ec/sites/default/files/documentos/bel_en/b. Plan de Manejo Pacoche.pdf
- Marcos, A.; E. Fernández, J. Caló y R. Huespe. (2009). Relevantamientos semicuantitativo para el estudio de la morfología de playa. Nota Técnica, Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas. GEOACTA 34, 117-126.
- Maturana, J.; M. Bello y M. Manley. (2004). Antecedentes Históricos y descripción del fenómeno El Niño, Oscilación del Sur. En S. Avaria, J. Carrasco, J. Ruttlant y E. Yáñez (eds). El Niño – La Niña 1997 – 2000. Sus efectos en Chile. CONA, Valparaíso: 13 – 27.
- Molina, M. (2011). Estudio No estacionario de clima medio del oleaje en la costa de Chile". Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Civil Oceánica, Universidad de Valparaíso. 150pp
- Molina, M. y M. Contreras. (2011). Efectos del Cambio climático sobre los patrones de oleaje en las costas de Chile: futuros efectos sobre la costa. Manuscrito en Preparación, presentado en el XXX congreso de Ciencias del Mar, Chile
- NASA (2011). GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP), National Aeronautics and Space Administration, disponible en web <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/> (fecha visita: diciembre2011)
- Sarmiento-Ramírez, J.M.; E. Abella, M.P. Martín, M.T. Tellería, L.F. López-Jurado, A. Marco, y J. Diéguez-Uribeondo. (2010). *Fusarium solani* is responsible for mass mortalities in nests of loggerhead sea turtle, *Caretta caretta*, in Boavista, Cape Verde. FEMS Microbiology Letters. Volume 312, Issue 2, pages 192–200, November 2010.
- Simpson, J.E. (1994). Sea Breeze and local wind. Cambridge University Press. 234pp.
- UNOCAL (2002). Plan de Desarrollo Local Unión de comunidades campesinas de San Lorenzo de Manta. Proyecto de los pueblos indígenas y negros del Ecuador, PRODEPINE. Regional Costa Sur. 143pp.
- Winckler, P.; M. Contreras, I. Sepúlveda, G. Barbet y M. Molina (2009). Efectos del cambio climático en las costas de Chile. Grupo de Ingeniería Civil Oceánica de la Universidad de Valparaíso. Disponible en www.ingenieriaocceanica.cl (Documento ICO 01-2009).