

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**EROSIÓN EN PLAYAS DEL PACÍFICO DE COSTA RICA:
ANÁLISIS DESDE LA PERSPECTIVA DE GESTIÓN
INTEGRADA DE ÁREAS COSTERAS TROPICALES**

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales para optar al grado y título de Maestría Académica en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales

PAULA MARCELA PÉREZ BRICEÑO

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2017

Dedicatoria

A la gente de las playas



Agradecimientos

A Dios y a La Conchita

A mi familia: Mami, Papi, Tito y Tita, Carlos y David, quienes muchas veces no comprendían mi trabajo, pero siempre estaban ahí para ayudarme y motivarme. A mis bellas amigas, Meli, Lind y Kira que siempre me impulsaban hacia adelante, ¡Gracias bellas! Oscar Calvo por el apoyo moral y académico que me brindó durante todo el proceso.

A Omar Lizano "El Profe", mi tutor y profesor consejero, quien me motivó siempre con alegría y seguridad para trabajar fuertemente en este proyecto. ¡Todo va a salir bien!

A mi comité asesor, "Rafita" por la paciencia, ¡sé que va a extrañar mis correos! A "Fer" por su apoyo y sus atinados comentarios. Gracias por los consejos y recomendaciones logré llevar a cabo este estudio.

A la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Desastres (CNE) por el apoyo económico para la realización del trabajo de campo. Al Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) por la calidad académica de los profesores y a aquellos funcionarios que de buena voluntad me asistieron en alguna tarea. Al Instituto Geográfico Nacional (IGN) por brindar las fotografías aéreas para el análisis de la evolución de las playas.

A quienes me acompañaron durante el trabajo de campo: Eleazar Ruiz, Lizdenia Arce y Bryan Matamoros, sin ellos el trabajo de campo no hubiese sido posible. A Davis Morera, quien me acompañó en la segunda etapa del trabajo de campo. A doña Ruth por materializar mi equipo de campo, ¡toda una salvada!

Agradecimiento especial a mis colegas de CoopeSoliDar por compartir el trabajo siempre con alegría. También a Ana Lucrecia Barrantes quien me ayudó con la identificación de la vegetación. ¡Gracias a todos y todas!

A la Escuela de Geografía, a su Directora Dra. Isabel Avendaño Flores y al profesor M. Sc. Francisco Solano quienes colaboraron con mi trabajo de laboratorio, de igual forma al asistente del laboratorio, el joven Dennis Chavarría quien amablemente estuvo cercano ante cualquier consulta. Al profesor DEA. Luis Guillermo Brenes Quesada, quien además de

inspirarme para trabajar en las costas, brindó consejos y facilitó fotografías de procesos hidrogeomorfológicos de Palo Seco y de la represa hidroeléctrica en el Río Diquís.

Quiero agradecer a las personas que accedieron a brindar entrevista para obtener valiosos insumos para completar este trabajo: Funcionarios del Instituto Costarricense de Turismo (ICT), Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU), académicos de la Universidad de Costa Rica (UCR), Universidad Nacional (UNA), Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), Municipalidad de Puntarenas y sociedad civil, a través de representantes de organizaciones como CoopeMolus-Chomes, R. L.

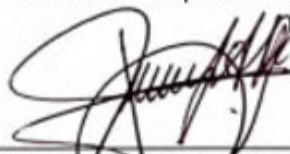
En fin, no hubiera podido realizar todo este trabajo sin el apoyo de muchas personas e instituciones que estuvieron cerca de mí.

De corazón, ¡Muchas gracias a todos!

Paula Marcela Pérez Briceño

2017

"Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Académica en Gestión Integral de las Áreas Costeras Tropicales".



Dr. Álvaro Morales Ramírez

Decano

Sistema de Estudio de Posgrado



Dr. Omar Gerardo Lizano Rodríguez

Director de Tesis



Dr. Rafael Arce Mesén

Asesor



M.Sc. Fernando David Mora Rodríguez

Asesor



Dr. Juan José Alvarado Barrientos

Director

Programa de Posgrado en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales



Paula Marcela Pérez Briceño

Candidata

Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos	iii
Índice.....	v
Resumen.....	ix
Índice de Cuadros.....	x
Índice de Figuras	xi
Abreviaturas.....	xviii
1 Capítulo: Planteamiento del problema	1
1.1 Presentación.....	2
1.2 Antecedentes	4
1.3 Justificación.....	5
1.4 Objetivo General	7
1.4.1 Objetivos específicos.....	7
2 Capítulo: Caracterización de los sitios de estudio	9
2.1 Introducción	10
2.2 Materiales y métodos	12
2.3 Resultados	21
2.3.1 Geología	21
2.3.2 Geomorfología	23
2.3.3 Biodiversidad.....	24
2.3.4 Cambios en la línea de costa.....	26
2.3.5 Análisis granulométrico	37
2.3.6 Caracterización del perfil de playa.....	42
2.3.7 Caracterización demográfica, social y económica	67
2.3.8 Indicadores	70

2.4	Discusión	71
2.5	Conclusiones.....	78
3	Capítulo: Causas de la erosión costera	80
3.1	Introducción	81
3.2	Materiales y métodos	84
3.3	Resultados: Agentes modificadores de las playas	86
3.3.1	Atmosférico.....	86
3.3.1.1	Viento.....	86
3.3.2	Oceanográfico.....	88
3.3.2.1	Oleaje.....	88
3.3.2.2	Temperatura Superficial del Mar (TSM)	91
3.3.2.3	El nivel de mar	92
3.3.3	Tectónico.....	94
3.3.4	Antrópico.....	95
3.4	Discusión	103
3.5	Conclusión	105
4	Capítulo: Impactos de la erosión costera en las playas de interés del Pacífico de Costa Rica 107	
4.1	Introducción	108
4.2	Materiales y métodos	108
4.3	Resultados	111
4.3.1	Impactos de la erosión costera	111
4.3.2	Índice de erosión-sedimentación Costera	123
4.4	Discusión	135
4.5	Conclusión	136
5	Capítulo: Lineamientos base para una estrategia de gestión integrada para la atención a la erosión costera en las playas.....	137
5.1	Introducción	138
5.1.1	Lineamientos de Manejo Costero	138

5.1.2	La gestión integrada de las playas	140
5.1.3	La gestión de las playas en Costa Rica	141
5.2	Materiales y métodos	142
5.3	Resultados	144
5.3.1	La percepción de la erosión costera	144
5.3.2	Instrumentos de política pública	150
5.4	Lineamientos para una estrategia de gestión integrada de las playas en Costa Rica 151	
5.4.1	Importancia de las playas	151
5.4.2	Espacio Geográfico.....	152
5.4.3	Espacio Biológico.....	154
5.4.4	Espacio Social.....	155
5.4.5	Desarrollo Sostenible	156
5.4.6	Gestión de las playas.....	157
5.4.6.1	Herramientas de gestión	157
5.5	Conclusión	159
5.6	Recomendaciones	160
6	Bibliografía.....	161
7	Anexos.....	176
	Anexo 1 Ficha de Trabajo de Campo	176
	Anexo 2 Cuestionario	177
	Anexo 3 Glosario	182

Resumen

Las playas son ambientes con una dinámica muy alta por lo que nunca se está en una playa igual por ser el límite entre lo marino y lo continental. En ella interactúan factores que modifican su forma, ya sea por erosión o sedimentación. Ambos procesos son provocados por el transporte de material ocasionado un agente dinámico (agua y/o viento), en el caso de la sedimentación, la arena se acumula; mientras que en la erosión se produce una pérdida de material.

Las playas en Costa Rica son sitios de gran importancia biológica, económica, social y turística. La flora que se desarrolla aquí tiene adaptaciones al ambiente salobre, y la fauna es diversa, hay organismos que viven en el sustrato arenoso, otros se alimentan en estas zonas y otros están de paso. La zona costera alberga medios de vida asociados a la pesca y a la agricultura, también es un lugar atractivo para el turismo.

Una de las principales fuentes generadoras de divisas para Costa Rica es el turismo, en donde un 70% de los turistas que visitan el país, vienen buscando "sol y playa" (Instituto Costarricense de Turismo, 2015a). Por lo tanto, las playas al verse afectadas por la erosión costera, afecta la posibilidad de seguir disfrutando de estos ambientes. Situación que impulsa la implementación de medidas de mitigación y/o prevención para evitar o retardar la desaparición de las playas.

El primer capítulo presenta el planteamiento del problema, los antecedentes, la justificación para llevar a cabo esta investigación y los objetivos que se desarrollan en el trabajo.

El segundo capítulo corresponde al diagnóstico y caracterización de los ocho sitios de interés: Playas del Coco, Playa Potrero, Playa Conchal, Playa Caldera, Playa Jacó, Playa Esterillos Oeste, Playa Palo Seco y Playa Uvita. El análisis de cambios en la línea de costa a partir de fotografías aéreas demostró que la costa se ha domificado en los últimos 70 años. Los perfiles de playa evidenciaron la dinámica en el corto plazo. El perfil de equilibrio de playa demostró que siete de las ocho playas presentan erosión, y solo Jacó evidencia sedimentación. También el aumento de la población y la transformación de las actividades económicas orientada a los servicios es demostrable.

El tercer capítulo expone cómo oleaje, el nivel de marea, la temperatura superficial del océano poseen una tendencia al aumento. Sin embargo, la erosión se puede explicar también por los movimientos telúricos y las intervenciones antrópicas que se han realizado en la costa pacífica.

El cuarto capítulo presenta mapas con el índice de erosión y sedimentación costera (Cárdenes & Obando, 2005). Y se respalda con imágenes de los impactos.

El quinto capítulo contiene una recopilación de ideas y criterios de profesionales, quienes laboran en alguna institución que, en el buen entendimiento, deben lidiar con el problema, por ejemplo: Viceministerio de Aguas, Mares, Costas y Humedales (VAMCH), Comisión Nacional de Prevención y Atención de Emergencias (CNE), Instituto Costarricense de Turismo (ICT), Municipalidades con territorio costero, académicos y consultores en el tema. Aquí se sintetiza la información del resto de los capítulos, para proponer lineamientos base para la atención integrada de la erosión costera en playas, tomando en cuenta que no existe una receta mágica, cada playa tienen un sitio y una situación particular.

Índice de Cuadros

Cuadro 2-1 Metadatos de las fotografías aéreas y/o imágenes satelitales.	16
Cuadro 2-2 Coordenadas de los perfiles de playa.	16
Cuadro 2-3 Tamices utilizados para la granulometría de arenas.	19
Cuadro 2-4 Tamaño del D50 (mediana) para cada playa en estudio, y el resultado de los valores de w y A calculados para la ecuación de Bruun (perfil de equilibrio de playa).	41
Cuadro 2-5 Condición de oleaje y marea durante el levantamiento de perfiles, Playas del Coco.	43
Cuadro 2-6 Condición de oleaje y marea durante el levantamiento de perfiles, Playa Potrero.	46
Cuadro 2-7 Condición de oleaje y marea durante el levantamiento de perfiles, Playa Conchal.	49
Cuadro 2-8 Condición de oleaje y marea durante el levantamiento de perfiles, Playa Caldera.	52
Cuadro 2-9 Condición de oleaje y marea durante el levantamiento de perfiles, Playa Jacó.	55
Cuadro 2-10 Condición de oleaje y marea durante el levantamiento de perfiles, Playa Esterillos Oeste.	58
Cuadro 2-11 Condición de oleaje y marea durante el levantamiento de perfiles, Playa Palo Seco.	61
Cuadro 2-12 Condición de oleaje y marea durante el levantamiento de perfiles, Playa Uvita.	64
Cuadro 2-13 Índice de Desarrollo Humano (IDH) de los cantones donde se encuentran las playas en estudio.	71
Cuadro 3-1 Estaciones mareográficas utilizadas para analizar la tendencia.	86
Cuadro 3-2 Datos estadísticos de la velocidad del viento.	87
Cuadro 3-3 Datos estadísticos del oleaje en el Pacífico Norte.	89

Cuadro 3-4 Datos estadísticos del oleaje en el Pacífico Central.....	91
Cuadro 3-5 Datos estadísticos de la temperatura mensual superficial del mar para el Pacífico Norte y Pacífico central desde enero 1854 a agosto 2014 basado en datos de Reynolds y Smith.	92
Cuadro 3-6 Datos estadísticos del Nivel de mar para dos estaciones mareográficas en el Pacífico de Costa Rica y Panamá.....	93
Cuadro 4-1 Niveles del Índice de Erosión y Sedimentación Costeras (IE-SC).....	109
Cuadro 4-2 Elementos antrópicos presentes en las playas de estudio.	123
Cuadro 5-1 Fases de la evolución de la gestión integrada de áreas costeras.	139
Cuadro 5-2 Información de personas entrevistadas.	142

Índice de Figuras

Figura 2-1 Zonas del perfil de playa.....	11
Figura 2-2 Mapa de los sitios de estudio en la Costa Pacífica.	14
Figura 2-3 Diagrama de levantamiento del perfil de playa.	17
Figura 2-4 Imágenes del trabajo en campo: a) levantamiento de un perfil, b) medición de diferencias de altura entre los segmentos del perfil, c) recopilación información del dispositivo de navegación satelital, d) dibujo de un bosquejo de la playa, e) instrumentos utilizados durante el trabajo de campo.	18
Figura 2-5 Nueve tamices ASTM en el agitador.....	19
Figura 2-6 Especies encontradas en las playas: a) <i>Scolelepis squamata</i> y b) <i>Malacoceros sp.</i>	24
Figura 2-7 Vegetación costera: a) cocotero, b) piñuela, c) almendro de playa, d) icaco, e) verdolaga de playa, f) churrystate, g) marañón, y h) <i>Cyperaceae</i>	25
Figura 2-8 Cambios de la línea de costa para Playas del Coco entre 1945 y el 2014 con base en fotografías aéreas.	27

Figura 2-9 Cambios de la línea de costa para Playa Potrero entre 1945 y 2013 con base en fotografías aéreas.	29
Figura 2-10 Cambios de la línea de costa para Playa Conchal entre los 1945 y el 2010 con base en fotografías aéreas.....	30
Figura 2-11 Cambios de la línea de costa para Playa Caldera entre los 1948 y el 2016 con base en fotografías aéreas.....	31
Figura 2-12 Cambios de la línea de costa para Playa Jacó entre los 1945 y el 2016 con base en fotografías aéreas.	32
Figura 2-13 Cambios de la línea de costa para Playa Esterillos Oeste entre los 1945 y el 2016 con base en fotografías aéreas.....	34
Figura 2-14 Cambios de la línea de costa para Playa Palo Seco entre los 1945 y el 2016 con base en fotografías aéreas.....	35
Figura 2-15 Cambios de la línea de costa para Playa Uvita entre los 1953 y el 2015 con base en fotografías aéreas.....	36
Figura 2-16 Granulometría de arenas de Playas del Coco recolectadas en la zona intermareal (línea punteada) y en la berma (línea continua) en las tres visitas al campo: (1) 27 de enero, 2015; (2) 28 de agosto,2015; y (3) 20 de noviembre, 2015. .37	
Figura 2-17 Granulometría de arenas de Playa Potrero recolectadas en la zona intermareal (línea punteada) y en la berma (línea continua) en las tres visitas al campo: (1) 28 de enero, 2015; (2) 27 de agosto,2015; y (3) 19 de noviembre, 2015.	38
Figura 2-18 Granulometría de arenas de Playa Conchal recolectadas en la zona intermareal (línea punteada) y en la berma (línea continua) en las tres visitas al campo: (1) 28 de enero, 2015; (2) 28 de agosto,2015; y (3) 19 de noviembre, 2015.	38
Figura 2-19 Granulometría de arenas de Playa Caldera recolectadas en la zona intermareal (línea punteada) y en la berma (línea continua) en las tres visitas al campo: (1) 11 de febrero, 2015; (2) 28 de agosto,2015; y (3) 18 de noviembre, 2015.	39
Figura 2-20 Granulometría de arenas de Playa Jacó recolectadas en la zona intermareal (línea punteada) y en la berma (línea continua) en las tres visitas al campo: (1) 11 de febrero, 2015; (2) 17 de setiembre,2015; y (3) 28 de octubre, 2015.....	39

Figura 2-21 Granulometría de arenas de Playa Esterillos Oeste recolectadas en la zona intermareal (línea punteada) y en la berma (línea continua) en las tres visitas al campo: (1) 11 de febrero, 2015; (2) 17 de setiembre,2015; y (3) 29 de octubre, 2015.	40
Figura 2-22 Granulometría de arenas de Playa Palo Seco recolectadas en la zona intermareal (línea punteada) y en la berma (línea continua) en las tres visitas al campo: (1) 11 de febrero, 2015; (2) 18 de setiembre,2015; y (3) 30 de octubre, 2015.	40
Figura 2-23 Granulometría de arenas de Playa Uvita recolectadas en la zona intermareal (línea punteada) y en la berma (línea continua) en las tres visitas al campo: (1) 12 de febrero, 2015; (2) 18 de setiembre,2015; y (3) 30 de octubre, 2015.	41
Figura 2-24 Resultado de la granulometría de arenas: a) separación de una muestra húmeda de Playa Jacó según el tamaño del sedimento, b) imagen de granos de arena de Playa Conchal.	42
Figura 2-25 Ubicación de los perfiles en Playas del Coco.	44
Figura 2-26 Perfiles de playa para Playas del Coco levantados en campo durante las tres visitas (línea azul) y comparados con el perfil de equilibrio (línea naranja).	45
Figura 2-27 Ubicación de los perfiles en Playa Potrero.	47
Figura 2-28 Perfiles de playa para Playa Potrero levantados en campo durante las tres visitas (línea azul) y comparados con el perfil de equilibrio (línea naranja).	48
Figura 2-29 Ubicación de los perfiles en Playa Conchal.	50
Figura 2-30 Perfiles de playa para Playa Conchal levantados en campo durante las tres visitas (línea azul) y comparados con el perfil de equilibrio (línea naranja).	51
Figura 2-31 Ubicación de los perfiles en Playa Caldera.	53
Figura 2-32 Perfiles de playa para Playa Caldera levantados en campo durante las tres visitas (línea azul) y comparados con el perfil de equilibrio (línea naranja).	54
Figura 2-33 Ubicación de los perfiles en Playa Jacó.	56
Figura 2-34 Perfiles de playa para Playa Jacó levantados en campo durante las tres visitas (línea azul) y comparados con el perfil de equilibrio (línea naranja).	57

Figura 2-35 Ubicación de los perfiles en Playa Esterillos Oeste.	59
Figura 2-36 Perfiles de playa para Playa Esterillos Oeste levantados en campo durante las tres visitas (línea azul) y comparados con el perfil de equilibrio (línea naranja).	60
Figura 2-37 Ubicación de los perfiles en Playa Palo Seco.	62
Figura 2-38 Perfiles de playa para Playa Palo Seco levantados en campo durante las tres visitas (línea azul) y comparados con el perfil de equilibrio (línea naranja).	63
Figura 2-39 Ubicación de los perfiles en Playa Uvita.	65
Figura 2-40 Perfiles de playa para Playa Uvita levantados en campo durante las tres visitas (línea azul) y comparados con el perfil de equilibrio (línea naranja).	66
Figura 2-41 Evolución del tamaño de la población entre 1973 y 2011 por distrito donde se ubican las playas en estudio. Fuente: Censo 1973, 1984 y 2000 y 2011, INEC.	68
Figura 2-42 Las tres principales actividades económicas por distrito (gran grupo). Fuente: Censo 2000 y 2011, INEC.	68
Figura 2-43 Ingresos en millones de dólares (USD) para Costa Rica para el periodo 2008-2016.	69
Figura 3-1 Velocidad del viento (ms^{-1}) en el Pacífico Norte del 30 de enero de 1997 al 31 de julio del 2015.	86
Figura 3-2 Velocidad del viento (ms^{-1}) en el Pacífico Central del 30 de enero de 1997 al 31 de julio del 2015.	87
Figura 3-3 Comportamiento del oleaje para el Pacífico Norte del 30 de enero de 1997 al 31 de julio del 2015. a) altura significativa del oleaje y b) periodo de la ola.	88
Figura 3-4 Comportamiento del oleaje para el Pacífico Central del 30 de enero de 1997 al 31 de julio del 2015. a) altura del oleaje, y b) periodo de la ola.	90
Figura 3-5 Temperatura Mensual Superficial del Mar en el Pacífico Norte de Costa Rica desde enero 1854 a agosto 2014 basado en datos de Reynolds y Smith (2008).	91
Figura 3-6 Temperatura Mensual Superficial del Mar en el Pacífico Central de Costa Rica desde enero 1854 a agosto 2014 basado en datos de Reynolds y Smith (2008).	92
Figura 3-7 Promedios anuales del nivel del mar en estaciones mareográficas. a) Puntarenas, b) Balboa. Fuente: Permanent Service for Mean Sea Level.	93

Figura 3-8 Zona sin exposición a la dinámica del oleaje y mareas a causa del levantamiento de la península de Nicoya. Tomada el 28 de enero, 2014.....	94
Figura 3-9 Hotel Bahía del Sol en la Zona Marítimo Terrestre en Playa Portero. Tomada por Omar Lizano, el 28 de enero, 2014.	95
Figura 3-10 Dique y Ruta 27 “José María Castro Madriz” en Caldera. Tomada por Omar Lizano, 11 de febrero, 2014.	96
Figura 3-11 Panorámica de Playa Caldera (a la izquierda) y la boca del sistema laguna del Estero de Mata Limón (derecha). Tomada el 27 agosto, 2011. Gira Geomorfología Litoral. Escuela de Geografía.	97
Figura 3-12 Alcantarilla en Esterillos Oeste. Tomada por Omar Lizano el 11 febrero, 2014.	98
Figura 3-13 Alcantarilla en Playa Potrero. Tomada el 27 de agosto, 2015.....	99
Figura 3-14 Marina Pez Vela a) Panorámica desde Boca Vieja donde se observa una acumulación de sedimentos; b) vista de la parte interna de la Marina. Tomada el 11 de febrero del 2014.	99
Figura 3-15 Vista área del Puerto Caldera en Esparza, Puntarenas. Círculos marcados con 1 y 2, son áreas de acumulación de la arena. 1997.....	100
Figura 3-16 Ejemplos de extracción de materiales en cauces de dominio público. En ambas fotografías se observa maquinaria trabajando en los cauces. Fuente: Brenes, 2017.	101
Figura 3-17 Represa Hidroeléctrica Pirrís: a) vista aérea; b – f) acumulación de sedimentos.	102
Figura 4-1 Impactos de la erosión en Playas del Coco. a) Antiguo muelle y vista hacia el norte de la bahía en el 2000, b) muelle nuevo y vista hacia el norte de la bahía, c) terraza de erosión mayor a 1m de altura a la salida de una quebrada, d) terraza de erosión mayor a 50 cm, e) sector norte de la bahía en el 2009, f) formación de cuspados y terraza de erosión al norte de bahía en el 2015.	112
Figura 4-2 Impactos de la erosión en Playa Potrero. a) límite de la marea alta en el 28 de enero 2008 sobre la terraza de erosión, b) rocas para proteger la orilla de la playa, c)	

salida de alcantarillado público hacia la playa, d) vista hacia el norte de la bahía, e) vista del mar hacia la tierra, se observa vegetación tumbada en la playa, f) rocas para proteger la arena y vegetación volcada hacia la playa.....	114
Figura 4-3 Impactos de la erosión en Playa Conchal. a) vista hacia el este de la bahía, b) terraza de erosión mayor a 50 cm, c) y d) vegetación tumbada hacia la playa, e) vegetación volcada hacia la playa y terrazas de erosión menores a 50 cm, y f) pendiente de la playa hacia el este de la bahía.....	115
Figura 4-4 Impactos de la erosión en Playa Caldera. a) panorámica de hacia el Estero de Mata Limón en la década de 1970, b) paisaje desde Mata Limón hacia la playa, c) d) e) y f) dique para proteger la carretera.	116
Figura 4-5 Impactos de la erosión en Playa Jacó. a) sector norte de la bahía en el 2000, b) sector norte de la bahía en el 2015, c) y d) vegetación con raíces expuestas, e) y f) formación de cuspados en la playa, g) y f) material alóctono en la playa.....	118
Figura 4-6 Impactos de la erosión en Playa Esterillos Oeste. a) relleno en la playa con salida de alcantarillado público, b) y c) relleno con material arcilloso y terraza de erosión, d) y e) terrazas de erosión mayor a 50 cm y vegetación volcada hacia la playa, f) vista de la playa hacia el oeste.....	119
Figura 4-7 Impactos de la erosión en Playa Palo Seco. a) vegetación con raíces expuestas, b) colocación de rocas y sacos de arena para proteger el cordón litoral, c) montículos de arena para proteger la entrada de un hotel, d), e) y f) terrazas de erosión, vegetación con raíces expuestas y destruida en la playa.....	121
Figura 4-8 Impactos de la erosión en Playa Uvita. a) vegetación volcada hacia la playa en el 2000, b) terrazas de erosión con vegetación con raíces expuestas, c) colocación de rocas para proteger la entrada al Parque Nacional, d), e), f), g) y h) vegetación afectada por la erosión: raíces expuestas, vegetación volcada y tumbada hacia la playa.....	122
Figura 4-9 Índice de erosión y sedimentación costera en Playas del Coco.	125
Figura 4-10 Índice de erosión y sedimentación costera en Playa Potrero.	126
Figura 4-11 Índice de erosión y sedimentación costera en Playa Conchal.....	127

Figura 4-12 Índice de erosión y sedimentación costera en Playa Caldera.	129
Figura 4-13 Índice de erosión y sedimentación costera en Playa Jacó.....	131
Figura 4-14 Índice de erosión y sedimentación costera en Playa Esterillos Oeste.	132
Figura 4-15 Índice de erosión y sedimentación costera en Playa Palo Seco.....	133
Figura 4-16 Índice de erosión y sedimentación costera en Playa Uvita.....	134
Figura 5-1 Importancia de las playas con base en la percepción de las personas entrevistadas.....	145
Figura 5-2 Usuarios de las playas en Costa Rica de acuerdo con la percepción de las personas entrevistadas.....	146
Figura 5-3 Apreciación de las causas de la erosión costera de acuerdo con la percepción de las personas entrevistadas.....	147
Figura 5-4 Consecuencias de la erosión costera en la playa, en la infraestructura, el turismo y lo biológico con base en la percepción de las personas entrevistadas.....	148
Figura 5-5 Técnica para controlar la erosión de tipo duras y blandas según la percepción de las personas entrevistadas.....	149
Figura 5-6 Formas de atender la erosión costera con base en la percepción de las personas entrevistadas.....	149

Abreviaturas

ASP	Área Silvestre Protegida
CIZEE-CR	Comisión Interinstitucional de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica
CNE	Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias
CONAMAR	Comisión Nacional del Mar
ENHOS	Encuesta Nacional de Hogares
ENOS	El Niño-Oscilación del Sur
HNTS	Humedal Nacional Terraba Sierpe
ICT	Instituto Costarricense de Turismo
IE-SC	Índice de erosión y sedimentación Costera
IGN	Instituto Geográfico Nacional
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
INVU	Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MOPT	Ministerio de Obras Públicas y Transportes
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
MW	Magnitud de momento
PC	Pacífico Central
PIB	Producto Interno Bruto
PN	Pacífico Norte
POD	Oscilación Decadal del Pacífico
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
RSE	Responsabilidad Social Empresarial
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación
TSM	Temperatura superficial del mar
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
USD	Dólares estadounidenses

VAMCH	Viceministerio de Aguas, Mares, Costas y Humedales
WFP	World Food Programme / Programa Mundial de Alimentos
ZMT	Zona Marítimo Terrestre

1 Capítulo: Planteamiento del problema



Playa Esterillos Oeste, Setiembre 2015.

1.1 Presentación

Descriptor: *erosión costera, dinámica de playa, gestión integrada de áreas costeras tropicales, lineamientos, estrategia.*

La gestión integrada de las áreas costeras tropicales surge para dar respuesta a problemas que trascienden en lo social desde el punto de vista físico y natural (Barragán, 2012). Engloba todo un sistema de relaciones entre elementos naturales, sociales, culturales, económicos y jurídicos, en donde se pretende armonizar todos los procesos vinculantes en el área costera, con el fin de alcanzar un desarrollo sostenible óptimo (Cicin-Sain & Knecht, 1998; Barragán, 2004). En este contexto, se resalta el interés por la dinámica de las playas, uno de los espacios más intervenidos en las zonas costeras (Cambers & Hendry, 2002), y con gran diversidad geomorfológica que potencian una variedad de ecosistemas (Cortés & Wehrtmann, 2009).

Las playas son espacios geográficos naturalmente originados por procesos continentales, costeros y oceánicos que las convierten en sitios únicos y dinámicos, además que cubren el 40% de las costas a nivel mundial de manera lineal (Bird, 2008; Strahler & Strahler, 1989). Las playas responden a la interacción de factores físico-químicos como el aporte de sedimentos cargados de nutrientes provenientes de las cuencas hidrográficas, la acción del viento y el oleaje, entre otros (Ortiz, 2008). Las actividades antrópicas como la urbanización, la construcción de obras de ingeniería y de defensa costera (por ejemplo, las marinas y atracaderos turísticos; y diques) que funcionan como rompeolas, también modifican el medio (Bird, 2010).

La playa puede ser definida como una geoforma dinámica, donde procesos de erosión y sedimentación se producen estacionalmente (Stewart, 2005), se extiende desde los niveles de marea más baja (zona submareal) hasta donde la topografía cambia abruptamente o aparece vegetación permanente (zona supramareal). El material no consolidado es característico en estos accidentes geográficos (Cambers & Hendry, 2002).

En las playas y sus alrededores se llegan a establecer desde comunidades, asociadas con actividades como la pesca, centros urbanos o grandes complejos turísticos hoteleros,

que generan siempre algún impacto en el área. Por ejemplo, la disposición de aguas residuales o la remoción de tierras cuando se inicia una construcción cuenca arriba afectan tanto la dinámica física, ecosistémica o socioeconómica del lugar (Bird, 2008, 2010).

A escala global, el impacto del calentamiento global es inminente en todas las costas del mundo (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013; Panel Intergubernamental para el Cambio Climático, 2013). El deshielo de los casquetes polares se traduce en un aumento en el nivel medio global del mar de 0.19 m desde 1901 al 2010 según el último informe AR5 del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) (Panel Intergubernamental para el Cambio Climático, 2013).

En el caso de la escala regional, fenómenos ocasionales generan una expansión térmica del océano cuya expresión más directa es el ascenso del nivel del mar (Bird, 2008). Entre estos fenómenos se pueden mencionar: El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) y la Oscilación Decadal del Pacífico (POD) (Alfaro, 1993).

Otro elemento que afecta el nivel relativo del mar es la tectónica de placas (Bird, 2008). La costa Pacífica de Costa Rica forma parte del Cinturón de Fuego del Pacífico (Tarbuck & Lutgens, 2005), por ende se encuentra sobre un borde activo de placa, donde la placa Cocos (corteza oceánica) se subduce bajo la placa Caribe (corteza continental) (Denyer & Cárdenes, 2000; Montero, 2000; Mora & Valverde, 2005; Protti *et al.*, 2013). Esto ocasiona que se generen levantamientos o hundimientos, por ejemplo, el levantamiento ocurrido en la Península de Nicoya, sector de Sámara (Pacífico Norte) el cinco de setiembre del 2012 (Linkimer *et al.*, 2013). La geotectónica de la costa Caribe está influenciada por presencia de un sistema de fallas y pliegues, en el cual se originó el terremoto del 22 de abril de 1991 que levantó la costa en algunos sectores (Denyer *et al.*, 1994a; Denyer *et al.*, 1994b; Montero, 2000).

En cuanto a la biodiversidad de las playas, son sitios importantes por los servicios ecosistémicos que brinda. Son lugares para la crianza, reproducción y alimentación de gran variedad de especies de invertebrados y reptiles (Quesada, 2006; Cortés & Wehrtmann, 2009). Además, el plancton se acumula en las zonas de playa, ya que son organismos que están a la deriva y de él se alimentan microorganismos que habitan en el sustrato (Brugnoli

& Morales, 2001). La vegetación que florece en las playas arenosas tienen adaptaciones porque vienen en un ambiente salobre (Chan & Craig, 2006).

En síntesis, la dinámica costera puede ser percibida por la población como una amenaza, por la exposición a la pérdida de material arenoso que poco a poco va ocasionando problemas como: disturbios en el paisaje, deterioro/inestabilidad de edificaciones, intrusión salina en los mantos acuíferos costeros y modificación de la pleamar, que afecta la delimitación de la Zona Marítimo Terrestre (Z.M.T) establecida en la Ley 6043 de 1977 (Ramos & Guerrero, 2010).

Costa Rica posee una superficie continental de 51,100 km², y su área marina es diez veces mayor que corresponde a 590,000 km² (CONAMAR, 2013). Es un país rico en espacios marinos y con alta biodiversidad. Se han reportado 6,777 especies marinas, equivalente al 3.5% del total mundial de acuerdo con Cortés & Wehrtmann (2009). Tiene dos costas: la Pacífica con una extensión de 1,164 km y la Caribe con 212 km, para un total de 1,376 km (MINAET, 2009). La primera con forma muy irregular presenta golfos, puntas, cabos, flechas, playas arenosas y rocosas, acantilados vivos y muertos, manglares y bahías. Mientras que la segunda, posee una geomorfología muy regular (Bergoeing, 1998; Quesada, 2006; Vargas, 2006, MINAET, 2009).

La zona costera es un espacio geográfico que ha forjado dinámicas sociales, económicas, políticas y culturales diversas, lo que ha generado un desarrollo particular (CONAMAR, 2013). Por ejemplo, en Playa Jacó el desarrollo está orientado al turismo; Playas del Coco tiene desarrollo pesquero y también turístico; en el caso de Playa Uvita, desde los años 1970, la conservación es la que ha predominado.

1.2 Antecedentes

Las playas al ser sitios muy dinámicos presentan erosión o sedimentación, ambos procesos tienen sus consecuencias a nivel natural y humano. Enfatizando en la erosión de playas, esta provoca la disminución del espacio de playa por la pérdida del material de base

(la arena), que desde los puntos de vista ecológico (pérdida de hábitat) y socio-económico (pérdida de atracción, daño a infraestructura) genera un gran impacto en las costas.

En Costa Rica, hay indicios de que la erosión costera en las playas se está presentando tanto en la costa Pacífica como en la Caribe (Lizano & Salas, 2001; Cárdenes & Obando, 2005; BIOMARCC-GIZ, 2013; Lizano, 2013, 2014).

Lizano (2013) muestra, a partir del método de observación directa en campo, cómo la línea de costa está retrocediendo sustancialmente en algunas playas. Esta percepción de que las costas se están erosionando se rescata a través de imágenes o fotografías aéreas. Para ello se utiliza puntos de referencia como elementos bióticos (vegetación) y abióticos (construcciones) cercanas a la zona mareal. Posteriormente, se realiza una comparación entre diferentes periodos, gracias a que estos elementos varían lentamente en la escala temporal.

La erosión en las playas es un proceso que se puede analizar desde diferentes escalas temporales, es decir, el fenómeno se puede apreciar en días, semanas, años o inclusive en décadas. A nivel diario, se pueden mencionar dos ejemplos: (1) por una tormenta en Caldera 15 de abril del 2013 (Garita, 2013), y (2) por la llegada de una marejada de fondo ("swell") el 4 y 5 de julio del 2014 (Lizano, 2014) que produjeron el ingreso de las olas en las casas cercanas, provocando la inmediata evacuación de la población.

Un análisis de la situación de erosión en los últimos 50 años en Isla Damas y Playa Palo Seco es realizado por Lizano & Salas (2001) mientras que Cárdenes & Obando (2005) se concentran en los últimos 4 años. Ambos estudios analizan la evolución de la línea de costa donde se evidencian una remoción de las partículas de arena a través de los años, provocando la demolición de casas en Isla Damas, y la intervención antrópica en Palo Seco para proteger las construcciones por medio de diques.

1.3 Justificación

En Costa Rica para el 2016, la relación existente entre el turismo y el Producto Interno Bruto (PIB) era de 6.5%. Esto se traduce en USD \$ 3,657.3 millones que ingresaron gracias

al potencial turístico del país (Instituto Costarricense de Turismo, 2017). El 77% y 71% de los turistas que visitaron el país en el periodo 2006-2010 y 2014-2015 realizaron actividades de sol y playa (Instituto Costarricense de Turismo, 2010, 2015c). Para complementar esta información, el mapa de distribución de los pisos de demanda por distritos muestra que la mayoría de los distritos costeros poseen una ocupación media y alta (Instituto Costarricense de Turismo, 2010), esto quiere decir que los turistas afirman haber visitado esos lugares en busca de una mezcla de actividades relacionadas con la costa, siempre en el marco de la naturaleza (sol y playa, buceo, snorkel, pesca, surfear).

EL ICT define ocupación hotelera como la relación entre el total de habitaciones-noches vendidas y el total de habitaciones-noches disponibles en una zona. En los distritos Sardinal, Cabo Velas y Tempate en la provincia Guanacaste, y Garabito, Quepos, y Bahía Ballena en la provincia Puntarenas (Figura 2-2), reportan una ocupación alta (>10,493 habitaciones), y Parrita, también en la provincia Puntarenas, reporta una ocupación media (entre 1,263 y 10,492 habitaciones) (Instituto Costarricense de Turismo, 2010). En estos distritos se localizan siete de las ocho playas a estudiar. Se puede afirmar que, si la playa no está en buenas condiciones tanto en la parte física como en sanidad, el turismo podría llegar a decrecer.

Por otro lado, el Informe Técnico de la Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica (Quesada, 2006), indica que las playas son los sitios que menos atención han recibido por parte de la comunidad científica. El Plan Nacional Turismo 2010-2016 (Instituto Costarricense de Turismo, 2010) refiere que las playas son un atractivo turístico para el desarrollo de múltiples actividades de esparcimiento, siempre en un marco natural.

A nivel nacional, se tiene conocimiento que la erosión en las playas se está presentando en algunos sitios más que en otro; sin embargo, no hay lineamientos en políticas públicas a seguir para enfrentarla. Se dispone de algunas medidas locales y puntualizadas que posiblemente que no corresponden a un análisis integral de las causas.

Los instrumentos de políticas públicas como la Política Nacional del Mar: Costa Rica 2013-2028 (Comisión Nacional del Mar, 2013), la Estrategia Nacional para la Gestión

Integrada de los Recursos Marinos y Costeros de Costa Rica (Comisión Interinstitucional de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica, 2008) no contemplan el tema de erosión en las playas costarricenses, situación que se vuelve más frecuente (Garita, 2013, Lizano, 2013, Garita, 2014; Lizano, 2014). Sin embargo, recientemente en febrero 2017; fue presentada la Política Nacional de Humedales 2017-2030, la que señala que los humedales ofrecen un servicio de regulación como valor ecosistémico al dar protección contra la erosión y el cambio estructural del suelo (MINAE, 2017).

Las playas, además de ser sitios muy atractivos como destinos vacacionales, son lugares donde viven poblaciones humanas quienes dependen de los recursos costeros presentes en el medio (Cicin-Sain & Knecht, 1998), y la playa es uno de esos recursos.

Los beneficiarios de dicha investigación, son los habitantes de la zona costera que para el 2014 de acuerdo con el Ministro de Vivienda Rosendo Pujol, unas 114 mil personas (2,6% de la población mundial), quienes se exponen a un riesgo cuando sube la marea o se genera algún sismo (González, 2014). Además, instituciones públicas y municipales dispondrán de la información para la toma de decisiones, ya que es un problema que tiende a agudizarse (Lizano, 2014).

De ahí la necesidad de abordar esta situación desde una gestión integrada del área costera en busca del desarrollo sostenible y el bienestar de la población.

1.4 Objetivo General

- Analizar la erosión en playas del Pacífico costarricense desde la perspectiva de gestión integrada.

1.4.1 Objetivos específicos

1. Caracterizar el perfil de playa, su contexto; analizar fotografías aéreas históricas, aspectos e indicadores socioeconómicos de los sitios de estudio.

2. Establecer las causas de la erosión costera en las playas seleccionadas en el Pacífico de Costa Rica.
3. Analizar los impactos de la erosión costera en las playas de interés del Pacífico de Costa Rica.
4. Establecer lineamientos base para una estrategia de gestión integrada para la atención a la erosión costera en las playas.

2 Capítulo: Caracterización de los sitios de estudio



Playa Uvita, 30 de octubre 2015.

2.1 Introducción

La zona costera es el sitio de contacto entre la parte continental y marina del planeta, y en ella existe una interacción muy compleja entre los componentes terrestres y acuáticos. Los ecosistemas que se desarrollan en estas zonas están sometidos a diversas presiones y en cuanto a las formaciones geomorfológicas son dinámicas en su mayoría por la fuerte interacción que existe entre el océano y la tierra (Strahler & Strahler, 1989; Bergoeing, 1998; Denyer & Cárdenas, 2000; Tarbuck & Lutgens, 2005; Bird, 2008; Pino & González, 2008). Según el marco jurídico de Costa Rica, la ley la Zona Marítimo Terrestre establece que, esta zona comprende los primeros 200 m paralelos a la costa, los cuales son bienes demaniales y de dominio estatal (Ley N° 6043, 1977).

Desde el punto de vista físico, de forma general la geomorfología se encarga de estudiar las geoformas sobre el espacio continental, las cuales son moldeadas a través de los años por factores climáticos, geofísicos y más recientemente por acción antropogénica (Bergoeing, 1998; Mora & Valverde, 2005; Bird, 2008). El modelado litoral son las formas que se configuran en la zona costera y posee agentes constructivos y modificadores donde resaltan el oleaje, las mareas y las corrientes marinas, quienes se encargan de erosionar, depositar y transportar los sedimentos. En el caso de las corrientes marinas, las que afectan el modelado litoral son las generadas por el viento, el oleaje y la marea. El ir y venir de las mareas también produce presión sobre el espacio. Entonces, la geomorfología litoral es la ciencia que estudia los cambios de formas en la línea costera y sus causas (Bergoeing, 1998; Bird, 2008, 2010).

Una de estas formas estudiadas por la geomorfología litoral son las playas que se forman por la interacción del oleaje y mareas con la zona continental. La playa puede ser definida como una geoforma dinámica, donde procesos de erosión (pérdida de material) y sedimentación (ganancia de material), se producen estacionalmente y que condicionan el perfil de la playa (Thurman & Trujillo, 1999; Mora & Valverde, 2005; Stewart, 2005;).

Las playas están constituidas por la deposición de materiales líticos no consolidados que provienen tanto de material continental como material marino, así como de seres

fosilizados en el caso de las rocas calcáreas (Denyer & Cárdenes, 2000; Cambers & Hendry, 2002; Bird, 2008).

La erosión en las playas significa la pérdida de material y por ello presentan costas regresivas (Bird, 2008). A este proceso se le conoce como retrogradación de la línea de costa, lo que produce que la línea de costa se vea reducida en amplitud y aumente en la pendiente del perfil de playa (Strahler & Strahler, 1989).

El perfil de playa se puede desagregar en tres zonas: 1. Zona Interior (Submareal), va del mar hacia la línea de marea baja; 2. Intermareal, es el área de interacción de las mareas y las olas; 3. Playa Seca (Supramareal), sitio a partir de la línea de marea alta hacia el continente y donde se pueden identificar bermas (Quesada, 2006; Bird, 2008; CEPAL *et al.*, 2012). La zona exterior es hacia mar adentro, donde ya el oleaje no tiene contacto con el fondo marino (Stewart, 2005) (Figura 2-1).

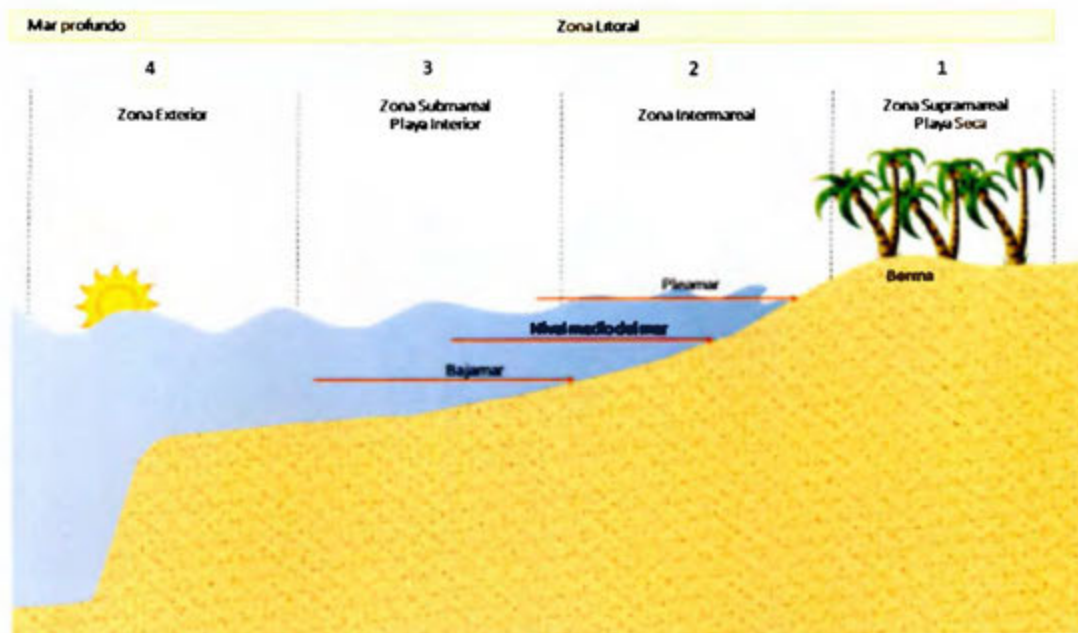


Figura 2-1 Zonas del perfil de playa.
Modificada de CEPAL *et al.* (2012).

Por la intensa dinámica que ocurre en la playa, hay autores como Bruun (1954) y Dean (1977) que han propuesto modelos teóricos para determinar el equilibrio que debe existir en la playa. El **perfil de equilibrio de playa** indica la pendiente que debe tener una playa

para que no presente erosión o sedimentación. Esta inclinación va a depender del tamaño del grano del sedimento y la incidencia de las olas. El sedimento grueso tiende a acumularse cerca del nivel de marea alta y los granos finos son transportados a la parte baja de la playa (Dyer, 1986; Dean, 1991; CEPAL *et al.*, 2012).

Para el 2000, en las zonas costeras habitaban más de la mitad de la población mundial, 3,200 millones de personas y se espera que para el 2025 sea el 75%, que se estima en 6,300 millones de personas, que, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) son 200 km a partir del litoral (UNESCO, 2001). Esto ha generado que la presión sobre estas zonas aumente de forma significativa y Costa Rica no ha sido la excepción ya que hay distritos costeros que han aumentado su población en las últimas dos décadas (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2000, 2011). El aumento de la población en las zonas costeras tuvo la explosión alrededor del año 2000, las actividades primarias han sido desplazadas, el aumento de desarrollos turísticos es evidente principalmente en las playas de Guanacaste, y poblaciones pescadoras han sido relocalizadas sin tomar en consideración su medio de vida, como el caso de Dominicalito en el Pacífico Central (CoopeSoliDar, 2015).

En este capítulo se describen los sitios de estudio: su ubicación, geología, geomorfología, biodiversidad, la evolución de la línea de costa, los perfiles de equilibrio de playa, las poblaciones que habitan y sobre el comportamiento/presión turística sobre estos sitios.

2.2 Materiales y métodos

Las playas de estudio fueron seleccionadas previamente a partir de trabajo de campo exploratorio y por su importancia turística, por ser un centro de población, por la presencia de infraestructura portuaria de gran tamaño (marina y/o puerto), de conservación *in situ* (Parque Nacional), y por presentar erosión evidente, por la presencia de terrazas y/o fuerte pendiente. Se seleccionó la costa Pacífica y en ella fueron ocho los sitios elegidos de 25 que fueron considerados: Playas del Coco (turismo), Playa Potrero (marina), Playa Conchal

(turismo) en el Pacífico Norte; Playa Caldera (puerto) (en la parte externa del Golfo de Nicoya), Playa Jacó (turismo y centro de población), Playa Esterillos Oeste (erosión evidente), Playa Palo Seco (erosión evidente) y Playa Uvita (Parque Nacional) en el Pacífico Central.

La Figura 2-2 muestra la ubicación de los ocho sitios de estudio seleccionadas. *Playas del Coco* se localiza en el distrito Sardinal del cantón Carrillo en la provincia Guanacaste. Tiene una extensión de 2.96 km, se encuentra dentro de una bahía semicerrada delimitada por promontorios rocosos y se puede visualizar en la hoja topográfica 3047 I Carrillo Norte 1: 50,000 del IGN.

Playa Potrero pertenece a los distritos Tempate y Cabo Velas del cantón Santa Cruz en la provincia Guanacaste. *Playa Conchal* también pertenece al distrito Cabo Velas. La primera playa tiene una extensión de 3.73 km y la segunda de 2.53 km. Ambas se encuentran dentro de una bahía semicerrada. Estas dos playas están en la hoja topográfica 3047 III Matapalo 1:50,000 del IGN.

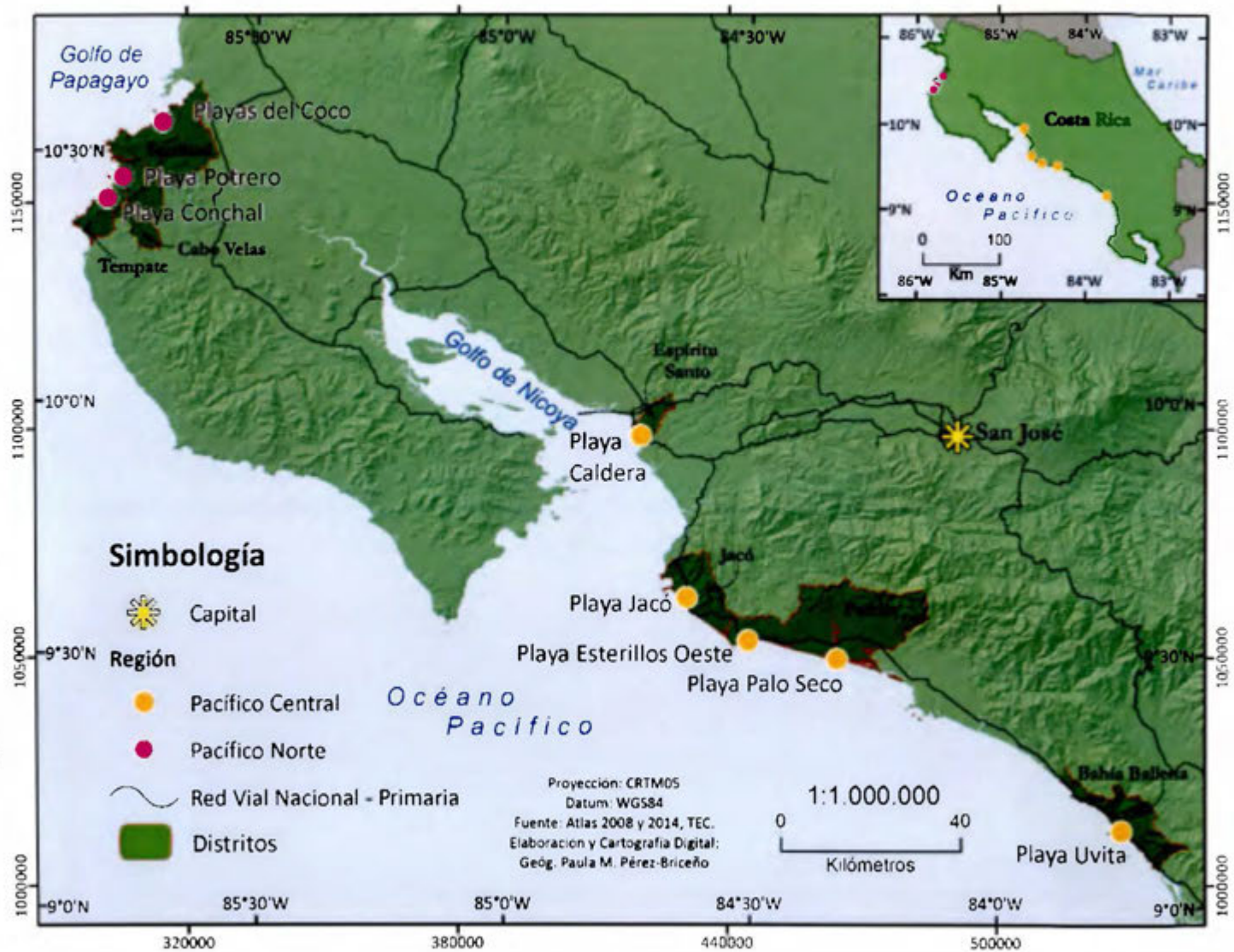
Playa Caldera, por su parte, está situada en el distrito Espíritu Santo del cantón Esparza en la provincia Puntarenas, en la hoja topográfica 3245 I Barranca 1: 50,000 del IGN. Su extensión es 3.85 km y se encuentra dentro de una bahía semicerrada.

Playa Jacó se localiza en el distrito Jacó del cantón Garabito en la provincia Puntarenas. Tiene una extensión de 4.02 km y también está dentro de una bahía semicerrada y en la hoja topográfica 3242 I Herradura 1: 50,000 del IGN.

Playa Esterillos Oeste y *Playa Palo Seco* están situadas en el distrito Parrita del cantón Parrita en la provincia Puntarenas. Tienen una extensión de 2.52 km y 10.49 km, respectivamente, ambas playas están expuestas a mar abierto. *Playa Esterillos Oeste* se ubica en la hoja topográfica 3344 IV Parrita 1:50,000 del IGN, en el caso de *Palo Seco* se puede encontrar en dos hojas 3344 IV Parrita y 3344 II Quepos escala 1: 50,000.

Playa Uvita se localiza dentro del Parque Nacional Marino Ballena, en el distrito Bahía Ballena del cantón Osa en la provincia Puntarenas. La hoja topográfica es la 3443 II Coronado 1: 50,000 del IGN. Tiene una extensión de 3.03 km.

Figura 2-2 Mapa de los sitios de estudio en la Costa Pacífica.



Cada playa se visitó en tres ocasiones: (1) enero-febrero 2014, (2) agosto – setiembre 2015 y (3) octubre-noviembre 2015. Las visitas 2 y 3 fueron realizados con el fin de observar los efectos de una marea astronómica extraordinaria registrada para el 27 de setiembre del 2015 de acuerdo con Pugh (2004). Las mareas astronómicas se pueden predecir porque dependen de la fuerza de atracción entre la Luna y el planeta Tierra, y para ese momento ocurrirá un acercamiento entre estos astros (Pugh, 2004).

Una fuente importante para estudiar el retroceso o avance de la línea de costa son las fotografías aéreas históricas, que a través de la comparación de cuatro períodos: (1) 1945-1948-1953, (2) 1971-1972-1973-1974, (3) 1997, (4) 2010-2013-2014-2015-2016; siguiendo la línea de vegetación, permitió identificar cambios en la línea de costa. Fueron georreferenciadas, digitalizadas y geoprocesadas utilizando la proyección Costa Rica Transversal de Mercator 2005 (CRTM05), que es la proyección oficial para Costa Rica a partir del decreto N° 33,797-MJ-MOPT del 30 de marzo de 2007. Se utilizó un programa de Sistemas de Información Geográfica (SIG), ArcGIS 10.2 bajo licencia institucional-UCR. Las fuentes de las fotografías son: el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y las imágenes satelitales de Google Earth. El uso de la fotogrametría y la fotointerpretación, ha sido ampliamente utilizado a nivel mundial para medir la erosión en las playas (Alonso *et al.*, 2007; Correa & Alcántara-Carrió, 2007). El Cuadro 2-1 muestra los metadatos de las fotografías y/o imágenes utilizadas en cada playa.

Las visitas de campo se realizaron con el objetivo levantar los perfiles de playa y recolectar dos muestras de arena por perfil (Pino & González, 2008). Los perfiles fueron en total cinco por cada playa, en la primera visita se seleccionó un solo sitio para la mayoría de las playas. Hay algunas que cuentan con dos perfiles. Mientras que en la segunda y tercera visita se seleccionaron dos sitios.

Previo a las salidas de campo se consultó para cada playa la predicción de la marea y el pronóstico de oleaje. La información se obtuvo en la página web y aplicación para dispositivos móviles del Módulo de Información Oceanográfica del Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad de Costa Rica (www.miocimar.ucr.ac.cr; Google Play y App Store: MIO CIMAR).

Cuadro 2-1 Metadatos de las fotografías aéreas y/o imágenes satelitales.

Playa	Playas del Coco	Potrero	Conchal	Caldera	Jacó	Esterillos Oeste	Palo Seco	Uvita	
1	Año	01/03/1945	01/03/1945	01/03/1945	1948	01/03/1945	01/02/1945	01/02/1945	19/01/1953
	Escala	1:40000	1:40000	1:40000	1:7500	1:40000	1:40000	1:40000	1:5000
	Fuente	Caw M1079	Caw M1082	Caw M1082	PRA - 6	Caw M1992	Caw M1192	Caw M1192	CTR USM-61 M10
2	Año	24/11/1971	16/09/1971	16/09/1971	30/01/1974	18/04/1974	12/02/1974	16/01/1973	19/02/1972
	Escala	1:20000	1:20000	1:20000	1:30000	1:5000	1:30000	1:20000	1:20000
	Fuente	Nicoya-Guanacaste	Nicoya	Nicoya	Puriscal - Parrita	Jacó	Puriscal Parrita	Pérez Zeledón	San Isidro
3	Año	03/12/1997	03/12/1997	22/12/1997	22/12/1997	22/12/1997	22/12/1997	12/12/1997	ND
	Escala	1:40000	1:40000	1:40000	1:40000	1:40000	1:40000	1:40000	NA
	Fuente	Terra	Terra	Terra	Terra	Terra	Terra	Terra	NA
4	Año	21/01/2014	07/05/2013	03/01/2010	01/04/2016	24/02/2016	16/02/2016	07/06/2016	13/01/2015
	Escala	1:2350	1:1170	1:1170	1:1180	1:1180	1:1180	1:1180	1:1180
	Fuente	SASPlanet/Google Earth/Terra Metrics	SASPlanet/Google Earth/Digital Globe	SASPlanet/Google Earth/Digital Globe	SASPlanet/Google Earth/Astrium	SASPlanet/Google Earth/Terra Metrics	SASPlanet/Google Earth/Digital Globe	SASPlanet/Google Earth/Digital Globe	SASPlanet/Google Earth/Digital Globe

Elaboración propia con base en metadatos de IGN y Google Earth.

El Cuadro 2-2 contiene las coordenadas en CRTM05 de todos los perfiles levantados. Para ello se utilizó el método de la barra niveladora o nivel. Este procedimiento consiste en segmentar el perfil de la playa cada 3 metros (o menos si hay cambio abrupto de pendiente) y medir la diferencia de altura entre un punto A y un punto B, y así sucesivamente con todos los segmentos del perfil (Figura 2-3) (Pino & González, 2008).

Cuadro 2-2 Coordenadas de los perfiles de playa.

Playa	Perfil	X (m)	Y (m)
Playas del Coco	1	314222.849	1167339.620
	2	314416.140	1167449.220
Playa Potrero	1	305836.226	1155734.350
	2	305856.675	1155670.060
Playa Conchal	1	302511.640	1150861.130
	2	302454.408	1150813.880

Playa	Perfil	X (m)	Y (m)
Playa Caldera	1	420796.424	1098433.695
	2	421393.665	1097849.500
Playa Jacó	1	430642.374	1063273.130
	2	431196.726	1062703.620
Playa Esterillos Oeste	1	444727.762	1053406.570
	2	445292.330	1053587.140
Playa Palo Seco	1	464688.630	1049341.630
	2	470000.791	1048202.390
Playa Uvita	1	527840.008	1012145.087
	2	528104.917	1012078.920

Elaboración propia.

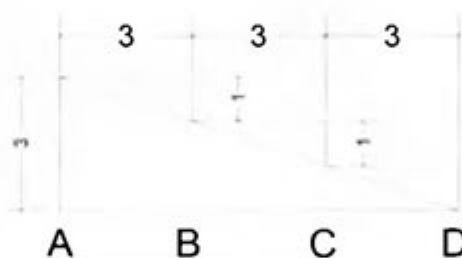


Figura 2-3 Diagrama de levantamiento del perfil de playa.

Para esta labor se utilizó una cuerda de nylon de aproximadamente 60 metros, un nivel de cuerda, una cinta métrica de 3 metros, una cinta métrica de 30 metros y estacas artesanales construidas con corchos de botella con pinchos de madera pintados de colores para identificarlos sobre la arena (Figura 2-4) (Pino & González, 2008). Posteriormente, se generaron tablas en formatos X y Y para obtener el perfil de playa.



Figura 2-4 Imágenes del trabajo en campo: a) levantamiento de un perfil, b) medición de diferencias de altura entre los segmentos del perfil, c) recopilación información del dispositivo de navegación satelital, d) dibujo de un bosquejo de la playa, e) instrumentos utilizados durante el trabajo de campo.

Se recolectaron dos muestras de arena superficial por perfil con el fin de tener una muestra representativa de la arena de la playa, en busca de la mediana de la arena (D50), dato necesario como insumo para otro análisis que se detalla más adelante. Cada muestra fue de aproximadamente 200 g y fueron recolectadas una en la zona intermareal y otra al inicio de la berma en la playa seca. Posteriormente, se procesaron en el laboratorio bajo el método de granulometría de arenas. Este procedimiento consiste en separar los granos según su diámetro para así conocer su distribución. Se utilizaron 150 g por muestra, a la cual se le eliminó la materia orgánica gruesa (hojas, palos) por medio del método manual o con el lavado de muestras por decantación utilizando únicamente agua.

Se utilizó un set de tamices ASTM acorde al sedimento de interés, las arenas van desde los 2mm hasta 0.063 mm de acuerdo con Friedman & Sanders (1978). El Cuadro 2-3

muestra el número de tamiz utilizado, el diámetro en milímetros y la descripción cualitativa de la arena. La Figura 2-5 muestra el set de tamices utilizados sobre el agitador, en donde el tiempo de movimiento fue de 15 minutos para cada muestra procesada. La granulometría se realizó en el Laboratorio de Geomorfología de la Escuela de Geografía de la Universidad de Costa Rica, en donde se utilizaron instrumentos de laboratorio como paletas, cristalería y balanza con precisión de 0.01g.



Figura 2-5 Nueve tamices ASTM en el agitador.

Se generó la curva granulométrica para cada muestra. La muestra muestra los porcentajes de los diferentes tamaños de arena (Cortés, 2003). Con base en la curva granulométrica, se identificó el D50 (mediana), dato necesario para la ecuación de Bruun (CEPAL *et al.*, 2012).

Cuadro 2-3 Tamices utilizados para la granulometría de arenas.

Tamiz	Milímetros	U.S Departamento. de Agricultura
10	2.000	Arena muy gruesa
18	1.000	
35	0.500	Arena gruesa

Tamiz	Milímetros	U.S Departamento. de Agricultura
50	0.300	Arena Media
60	0.250	
70	0.212	Arena fina
120	0.125	Arena muy fina
230	0.063	

Fuente: Friedman & Sanders (1978) y USDA (1987).

Con los datos recopilados del perfil de playa y de la granulometría (D50) se aplicó la ecuación de Bruun para determinar el perfil de playa en equilibrio, que depende de la pendiente y el tamaño de grano predominante (CEPAL *et al.*, 2012). La ecuación se expresa como $h = Ax^{2/3}$, donde h es la profundidad del agua a una distancia x de la costa. A es un parámetro que depende en las características del sedimento (tamaño del grano; Dean, 1991; Knezek, 1997). Para calcular el valor A , se utilizó la ecuación $A = kw^{0.44}$, donde w está en función de la velocidad de caída del grano (deposición) y está dada en m/s . El valor propuesto para k por Dean (1987) en CEPAL *et al.* (2012) es de 0.51. La manera de calcular w es:

$$w (m/s) = 1.1 \times 10^6 D^2 (m) \quad D < 0.1 \text{ mm}$$

$$w (m/s) = 273 D^{1.1} (m) \quad 0.1 < D < 1 \text{ mm}$$

$$w (m/s) = 4.36 D^{0.5} (m) \quad D > 1 \text{ mm}$$

Donde D es el diámetro del sedimento, que corresponde al D50, es decir la mediana (CEPAL *et al.*, 2012). Posteriormente, se realizó una comparación entre el perfil levantado en campo y el perfil de equilibrio.

En cuanto a la caracterización social, económica y turística de los sitios de interés, se utilizarán datos de los Censos 1973, 1984, 2000 y 2011 del Instituto Nacional de Estadística

y Censos (INEC), como población (cantidad total de habitantes), actividades económicas según el grupo ocupacional como referencia (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2011b). Información del Instituto Costarricense de Turismo (ICT) referido a las visitas a las playas y el uso de indicadores como el índice de Desarrollo Humano (IDH) cantonal 2014 y la Bandera Azul Ecológica. El IDH cantonal evalúa el promedio de los logros de un área geográfica en tres dimensiones: (1) larga vida y saludable, medida por la esperanza de vida al nacer; (2) el conocimiento, que se mide con la tasa de alfabetización de adultos y la tasa de matriculación en primaria y secundaria; (3) un nivel de vida digno, que utiliza como medida el índice de Bienestar Material (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2014).

Otro indicador utilizado para la caracterización de la playa en el ámbito social, es La Bandera Azul Ecológica, la cual es un galardón que reconoce el esfuerzo voluntario de la población entre la conservación y el desarrollo. Tiene como fin la protección de los recursos naturales, la implementación de acciones para enfrentar el cambio climático, la búsqueda de mejores condiciones higiénicas sanitarias y la mejoría de la salud pública de los habitantes de Costa Rica (Bandera Azul Ecológica, 2017).

2.3 Resultados

2.3.1 Geología

Costa Rica es de reciente formación, desde el punto de vista geológico. Las rocas más antiguas se pueden encontrar en las penínsulas de Santa Elena y Nicoya. Datan del Jurásico-Cretácico (200-65 Ma). El basamento del país corresponde al Complejo de Nicoya y sólo se puede observar en el pacífico. En él se pueden encontrar fósiles de foraminíferos, radiolarios y moluscos, debido a una gran extinción ocasionada por la caída de un meteorito en el Golfo de México. La región más antigua es la cordillera de Talamanca, cuyo vulcanismo inició durante el Paleoceno-Eoceno (65-49 Ma) (Denyer & Kussmaul, 2000).

De acuerdo con el mapa geológico generalizado de Costa Rica (Denyer & Kussmaul, 2000), los sitios de estudios se encuentran en cuatro categorías: (1) rocas volcánicas del

Mioceno – Plioceno, 15-2 Ma (Playas del Coco, Playa Potrero y Playa Conchal); (2) rocas sedimentarias del Mesozoico-Cenozoico, 65-2 Ma (Playa Caldera y Playa Uvita); (3) rocas ígneas oceánicas del cretácico-eoceno 200-65 Ma (Playa Jacó); y (4) sedimentos del Cuaternario, 1,8 – 0 Ma (Playa Esterillos Oeste y Playa Palo Seco).

A continuación, se detalla la geología de los sitios de interés. Playas del Coco se encuentra en el mapa geológico de Carrillo Norte escala 1:50,000 (Denyer *et al.*, 2013a), en donde se identifican tres unidades: (1) Qp, que son depósitos de playas arenosas, (2) Qal, que es un depósito aluvial y en él se asienta el poblado de El Coco, y (3) JK-CN, el Complejo de Nicoya que se ubica en los alrededores. En el caso de Qp y Qal, son de origen sedimentario del Holoceno (Cuaternario), mientras que el JK-CN es de origen ígneo y son basaltos que datan del Cretácico (al menos 85 millones de años).

Playa Potrero y Playa Conchal se localizan en el mapa geológico de Matapalo escala 1:50,000 (Denyer *et al.*, 2013b). En ambas playas se denotan unidades sedimentarias e ígneas. Para la parte de la playa, la unidad Qp (depósito de playa de arena) y detrás Qal (depósito aluvial) y Qh (depósito coluvial). En Playa Potrero, el Intrusivo Potrero (K-IP) sobresale detrás del depósito aluvial, mientras que en Playa Conchal es el Complejo de Nicoya (JK-CNr).

Playa Caldera posee depósitos de sedimentos continentales y de transición marino costera del Cuaternario (Q), limita al norte con areniscas, lutitas y conglomerados litorales y sublitorales del Mioceno (M-a), al este y sur con tobitas, areniscas, brechas e ignimbritas del Mioceno (M-t), y hay relictos de vulcanismo del Peistoceno ($\alpha 9^1$) hacia el sureste (Denyer & Alvarado, 2007).

Playa Jacó también posee depósitos de sedimentos continentales y de transición marino costera del Cuaternario (Q), y la playa está rodeada de basaltos toleíticos con edad entre ~140 - 88 millones de años (Denyer & Alvarado, 2007). Playa Esterillos Oeste posee depósitos del Q hacia el este y M-a hacia el oeste. Hay presencia de conglomerados y areniscas fluvio-continentales del Plio-Plesitoceno (P-co) hacia el centro de la playa (Denyer & Alvarado, 2007). Playa Palo Seco únicamente posee sedimentos Q y Playa Uvita además de los sedimentos Q, hacia el continente existen rocas sedimentarias del Oligoceno, lutitas

y areniscas turbidíticas. La zona conocida como “cola de ballena”, es un tómbolo constituido por intrusivos gabroicos con diabasas y andesitas que datan de ~29-11.7 millones de años (Denyer & Alvarado, 2007).

2.3.2 Geomorfología

La costa Pacífica de Costa Rica posee gran diversidad de paisajes litorales como costas elevadas y recortadas, sectores rectilíneos, acantilados vivos y muertos, bahías, golfos, flechas litorales, islas, islotes y penínsulas (Bergoeing, 1998).

El sector de Playas del Coco, Playa Portero y Playa Conchal se encuentra dominado por una sucesión de puntas escarpadas separadas por ensenadas arenosas (Bergoeing, 1998).

Las playas que se ubican en el Pacífico Central están dominadas por accidentes tectónicos noreste – suroeste / noroeste – sureste (Bergoeing, 1998), y por la Fosa Mesoamericana, zona de subducción entre la Placa Cocos y Caribe (Mora, 1993). En Caldera, la playa tiene acantilado vivos que están en contacto con el mar y acantilados muertos en la zona posterior de la playa a 200 metros del cordón litoral, que en la actualidad no están sometidos a la acción del oleaje (Guell-Vargas *et al.*, 2000). Playa Jacó es una bahía arenosa limitada por acantilados vivos (Bergoeing, 1998).

En Esterillos Oeste, hacia el este se desarrolla una flecha litoral, que es una acumulación de arena alargada en la cercanía a la desembocadura de un río, está orientada según la deriva litoral (Tarbuck & Lutgens, 2011). Esta flecha ha ido en aumento hacia el este en la desembocadura del estero Aserradero. Playa Palo Seco y Playa Uvita, tienen un paisaje dominado por un escarpe de falla rectilínea noroeste –sureste (Bergoeing, 1998). Palo Seco es una zona de llanura que en la zona litoral tiene un cordón litoral y hay presencia de manglares. En Palo Seco se ha ido desarrollando una flecha litoral hacia el este. Playa Uvita es una zona de llanura costera y aquí existe un tómbolo, que es una acumulación de arena que conecta la una isla con tierra firme (Tarbuck & Lutgens, 2011). Este tómbolo es conocido como la “cola de ballena” (Bergoeing, 1998; Denyer & Alvarado, 2007).

2.3.3 Biodiversidad

Las playas son ecosistemas únicos y muy importantes. Los estudios en América Central sobre los organismos en áreas intermareales son pocos. La mayoría se refiere a estratos blandos. Para el caso de playas arenosas destaca el estudio de Dexter (1974), quien describió la fauna en la costa Pacífica y Caribe de Costa Rica, identificando especies, la abundancia y los patrones de zonas en cada playa. Otro estudio reporta una densidad de 52 especies/m² (Corrales-Ugalde & Sibaja-Cordero, 2015). Sibaja-Cordero *et al.* (2014) hace un muestreo de 17 sitios en el Pacífico Norte e identifican tres grupos taxonómicos: crustacea, mollusca y polychaeta. Algunas especies encontradas son *Cirolana salvadorensis*, *Scolelepis squamata*, *Malacoceros sp.* y *Armandia brevis* (Figura 2-6).

El estudio indica que los sitios de playa arenosa analizados poseen baja diversidad en comparación con otros ambientes marinos, y que los sitios poco intervenidos cuentan con mayor diversidad. En Playa Uvita es fácil encontrar en la arena caracolitos de la familia Olividae. Además, en las playas se acumulan organismos de las comunidades fitopláncticas, las cuales son base de la cadena alimenticia (Brugnoli & Morales, 2001).



Figura 2-6 Especies encontradas en las playas: a) *Scolelepis squamata* y b) *Malacoceros sp.*

La vegetación presente en las playas se adapta a las condiciones del medio, entre ellas se pueden citar los cocos o cocoteros (*Cocos nucifera*), piñuelas (*Bromelia pinguin*), almendro de playa (*Terminalia cattapa*), icaco (*Chrysobalanus icaco* (L.)), verdolaga de playa

(*Portulaca sp*), churrystate de playa (*Ipomoea pre-caprae*), marañón (*Anacardium occidentales*) y una especie de zacate de la familia Cyperaceae. La Figura 2-7 muestra la vegetación mencionada.



Figura 2-7 Vegetación costera: a) cocotero, b) piñuela, c) almendro de playa, d) icaco, e) verdolaga de playa, f) churrystate, g) marañón, y h) Cyperaceae.

En Playa Potrero, la laguna de Potrero Largo (humedal) sirve de alimentación para las aves costeras (González & Vilaboa, 2010). En algunos sitios, como en Playa Caldera existe un ecosistema de manglar en la parte posterior, donde se puede encontrar *Rhizophora mangle*, que es una especie colonizadora del espacio (Castaing & Granados, 1990).

En cuanto a la fauna, es posible encontrar aves costeras que buscan alimento en los sedimentos marinos durante las mareas bajas (Lalli & Parson, 2006). Se pueden mencionar las garzas de la familia Ardeidae y las gaviotas de la familia Lariidae como *Leucophaeus atricilla*. También es posible encontrar monos, mapachines, cocodrilos y culebras. Playa Esterillos Oeste y Playa Palo Seco reportan anidación de tortugas (SIGMAR, 2007). Sin embargo, la erosión de la playa es un obstáculo para la anidación de las tortugas (Spanner, 2009).

2.3.4 Cambios en la línea de costa

En Playas del Coco, ubicada dentro de una bahía cerrada, (Figura 2-8) al noreste se observa una dinámica de avance y retroceso de la línea de costa. De 1945 a 1971 la playa ganó espacio hacia el mar. De 1971 a 1997 no se observa cambios significativos en la costa, ya que la línea de 1997 está sobrepuesta la de 1971. Sin embargo, entre el periodo 1997 al 2014 el proceso ha sido de retroceso de la línea de costa, principalmente al noroeste de la playa.

La dinámica en el sureste es más estable, solo se observa un cambio de 1997 al 2014, donde la línea de costa muestra un avance hacia el mar. Otro punto en el que se muestran cambios en la costa es en la desembocadura de la Quebrada San Francisco, ya que en los cuatro periodos se observan cambios.

Figura 2-8 Cambios de la línea de costa para Playas del Coco entre 1945 y el 2014 con base en fotografías aéreas.



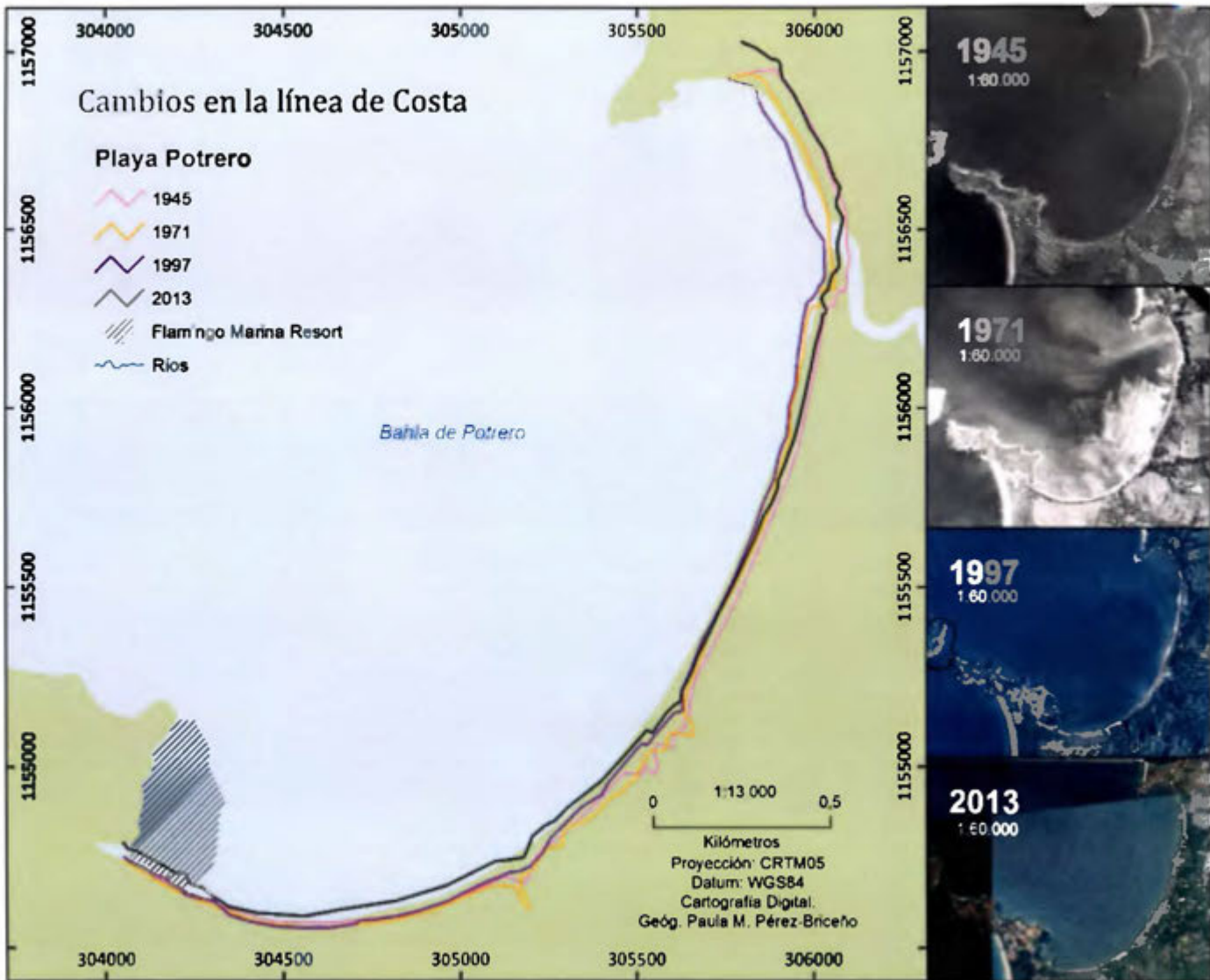
Playa Potrero, también está en una bahía cerrada. En el sector sur, la línea de costa se mantiene estable sin cambios significativos a lo largo de los años. Aquí se construyó la marina "Flamingo Resort", la cual aparece a partir de la fotografía de 1997. En el sector norte sucede lo contrario donde en 1945 la línea se encontraba más hacia el continente, para 1971 ocurre un relleno que continúa hasta 1997. Para el año 2013 la línea de costa sufre un gran retroceso (Figura 2-9).

El análisis en Playa Conchal muestra una línea de costa muy irregular en todos los años. Hacia el sector este es donde se muestra una mayor variabilidad. De 1945 a 1971 se aprecia un leve avance de la línea hacia el mar, sin embargo, para 1997 se aprecia un retroceso que continúa hasta el 2010. En el área central, los cambios que se aprecian responden a la dinámica fluvial de la quebrada que desemboca en la Bahía Brasilito (Figura 2-10).

Playa Caldera se localiza en una bahía semi-cerrada en la parte externa del Golfo de Nicoya. Esta playa se vio sometida a una interrupción de la dinámica natural del sistema por la construcción de un puente en la salida del Estero de Mata Limón, generando que el mayor aporte de sedimentos continentales se deposite en el estero y en la dársena del puerto sin alimentar la playa. Esto ha generado que hacia el sector noroeste la línea de costa vaya retrocediendo lentamente, al igual que en el sector al sur de la desembocadura del estero, se nota un retroceso de la línea de costa para 1997 y aún más para el 2016 (Figura 2-11). El sector sur de la playa, ya no sufre modificaciones por la construcción del Puerto de Caldera, que ha interrumpido la deriva litoral, acumulando sedimentos en la zona del puerto impidiendo que se alimente la playa.

En Playa Jacó (ubicada en una bahía abierta), hacia el sector sureste la línea de costa se rellena de 1945 a 1974 y de 1974 a 1997, pero de 1997 al 2016 la línea retrocede. Situación contraria ocurre en el sector noroeste, donde más bien se ha rellenado la playa. En la desembocadura de riachuelos se aprecian variaciones morfológicas, al igual que en el estero ubicado en el extremo noroeste (Figura 2-12).

Figura 2-9 Cambios de la línea de costa para Playa Potrero entre 1945 y 2013 con base en fotografías áreas.



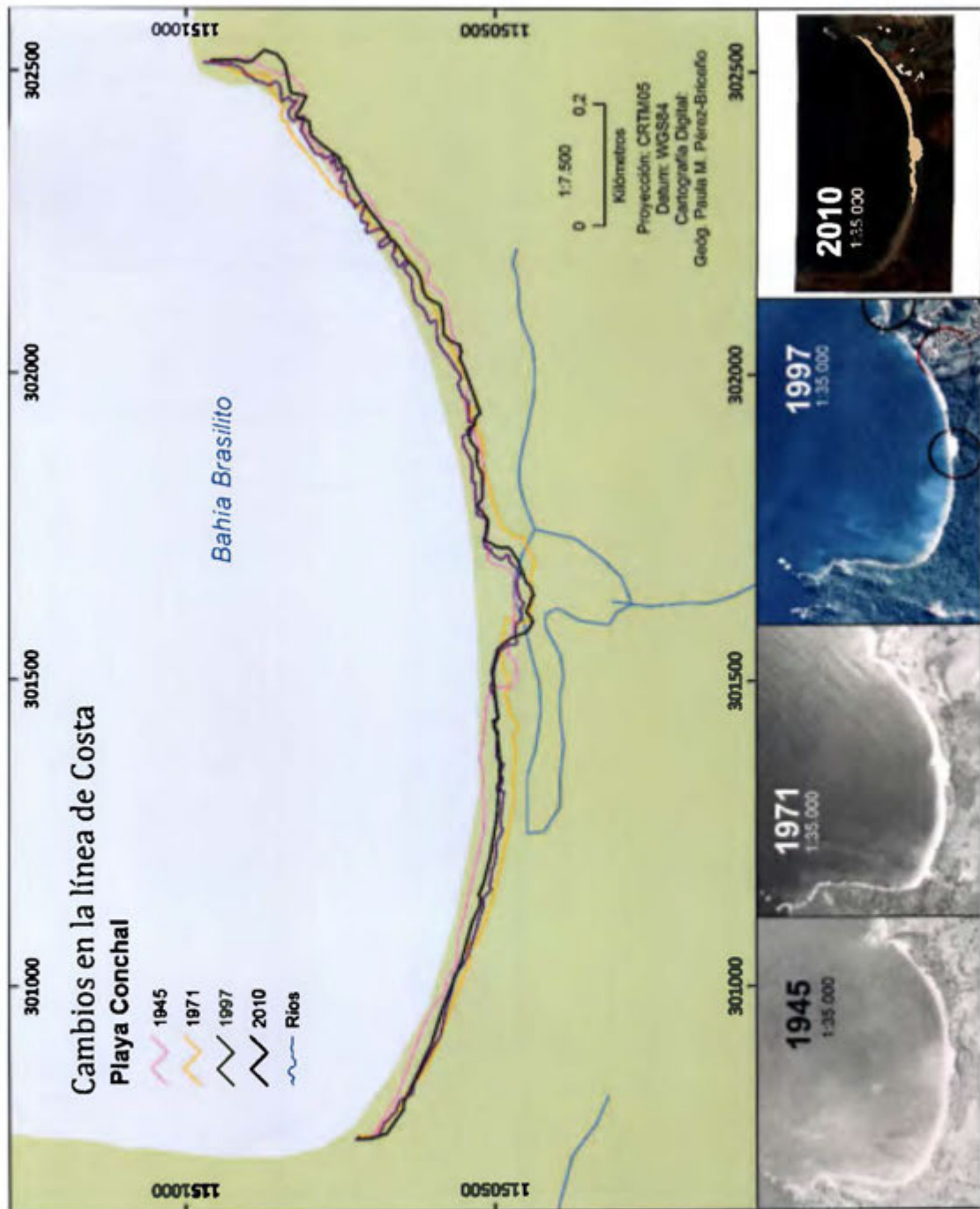


Figura 2-10 Cambios de la línea de costa para Playa Conchal entre los 1945 y el 2010 con base en fotografías aéreas.

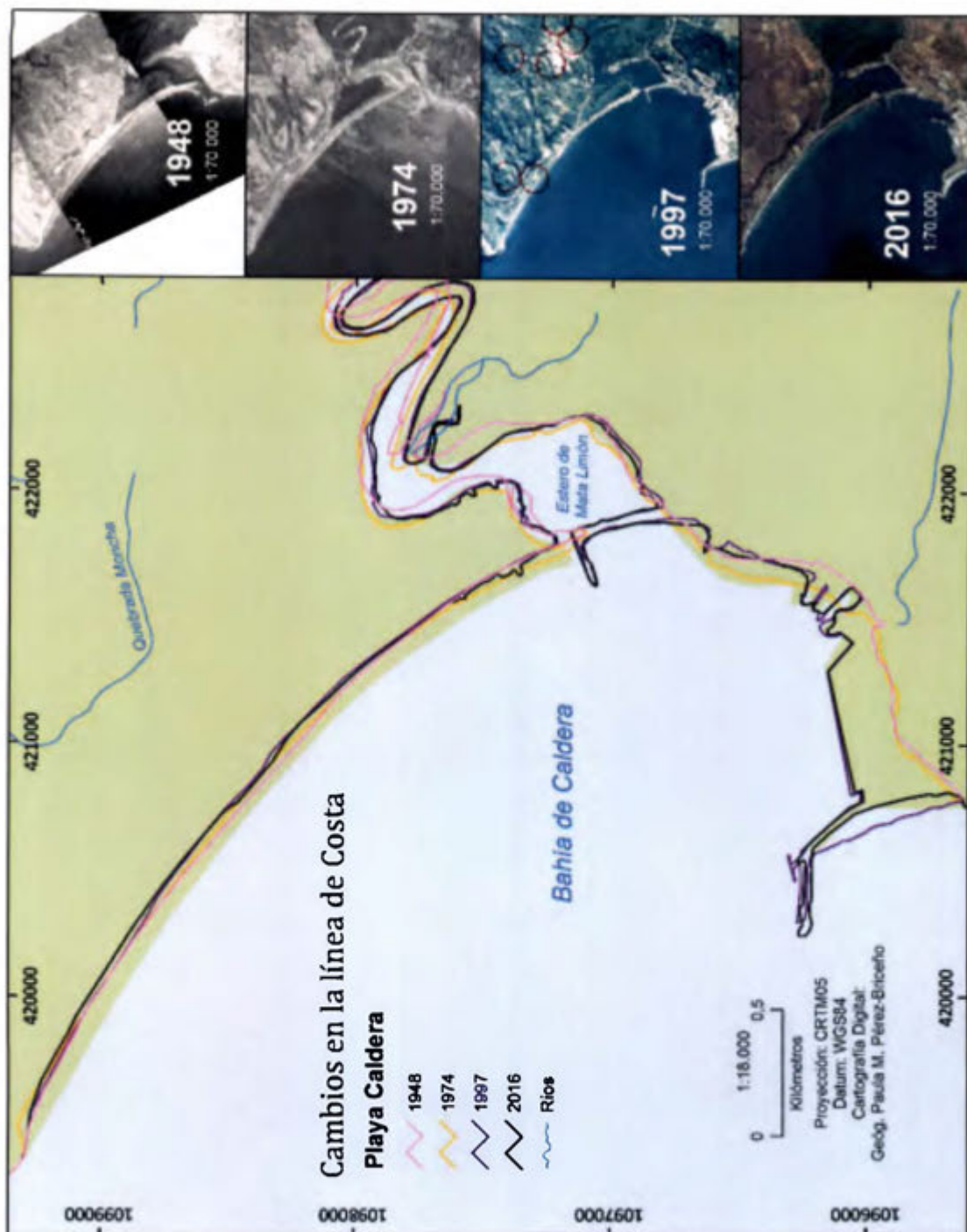


Figura 2-11 Cambios de la línea de costa para Playa Caldera entre los 1948 y el 2016 con base en fotografías aéreas.



Figura 2-12 Cambios de la línea de costa para Playa Jacó entre los 1945 y el 2016 con base en fotografías aéreas.

En Playa Esterillos Oeste, las mayores variaciones ocurren a la salida del estero, donde en 1945 se aprecia una flecha litoral incipiente, la cual continuó creciendo progresivamente hacia el este. Para el 2016 esta flecha tiene una longitud aproximada 500 m a partir de la línea de 1945 en la desembocadura oeste del río. En el sector oeste, la línea de costa migró hacia el continente reduciendo el espacio de playa desde 1945 al 2016 (Figura 2-13). Esta es una playa expuesta a mar abierto.

Playa Palo Seco, que es una playa abierta, tiene un comportamiento similar a Playa Esterillos Oeste por la presencia de una flecha litoral que ha ido migrando hacia el sureste. Esta playa está delimitada por la presencia de dos cuerpos de agua dulce bastante importantes, el Río Parrita y la salida del Estero PaloSeco. De 1945 a 1973 la flecha aumentó en aproximadamente 500 m, de 1973 a 1997 el incremento fue de aproximadamente 1,140 m, y de 1997 al 2016 creció al menos 700 m. Es decir, que desde 1945 al 2016 la flecha litoral en Palo Seco aumentó aproximadamente 2,500 m (Figura 2-14). Este aumento de la flecha litoral ha generado cambios en la línea de costa, por lo que ha ido migrando poco a poco hacia el continente y hacia el sureste.

Playa Uvita, expuesta a mar abierto, presenta grandes modificaciones por la desembocadura de las quebradas cerca del tómbolo de Punta Uvita, el cual tiene forma de la cola de la Ballena: Río Uvita y Quebrada Villegas. Además, la línea de costa ha sufrido modificaciones de forma paralela. De 1953 a 1972 aumentó y de 1972 al 2015 retrocedió más que en los años anteriores (Figura 2-15).

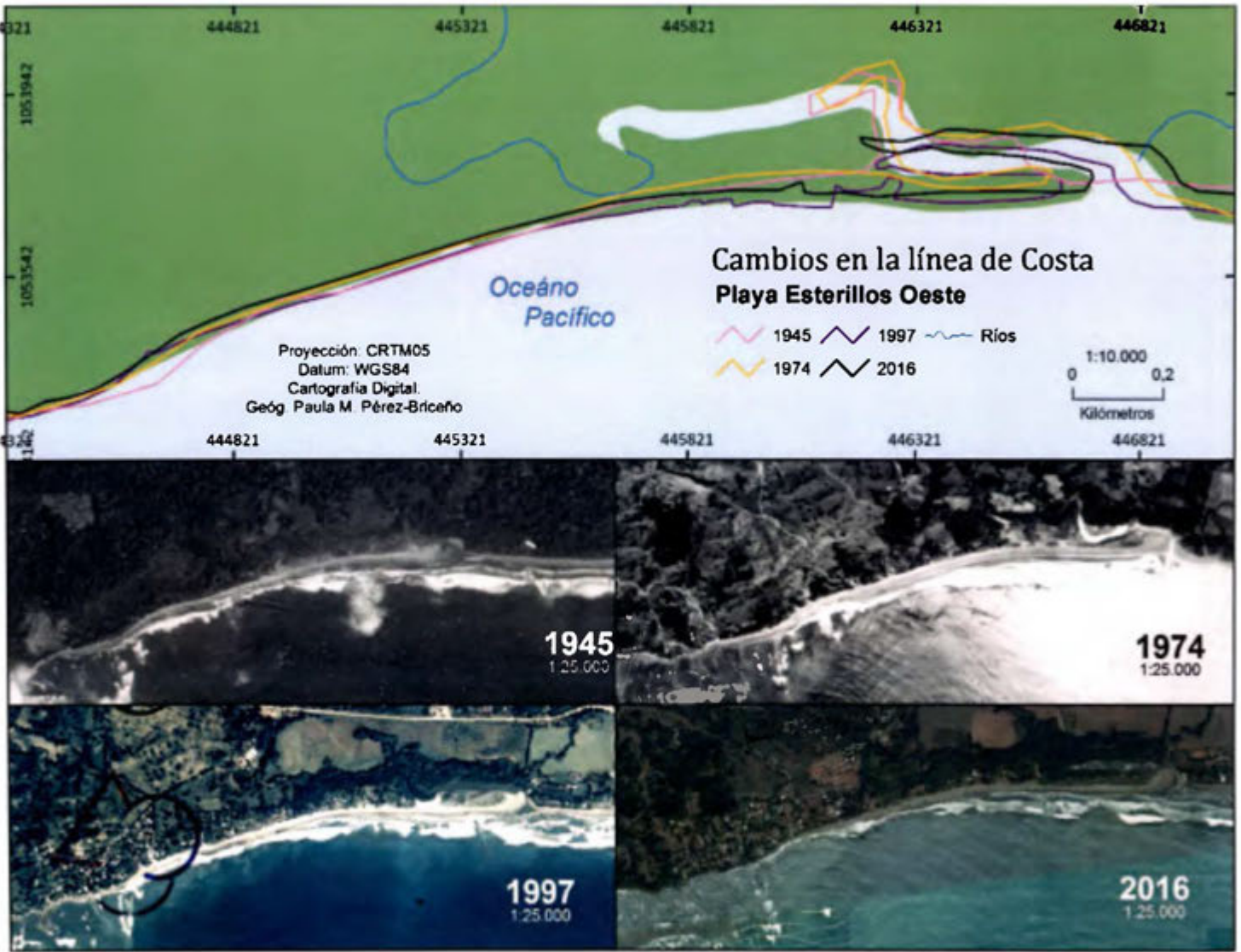
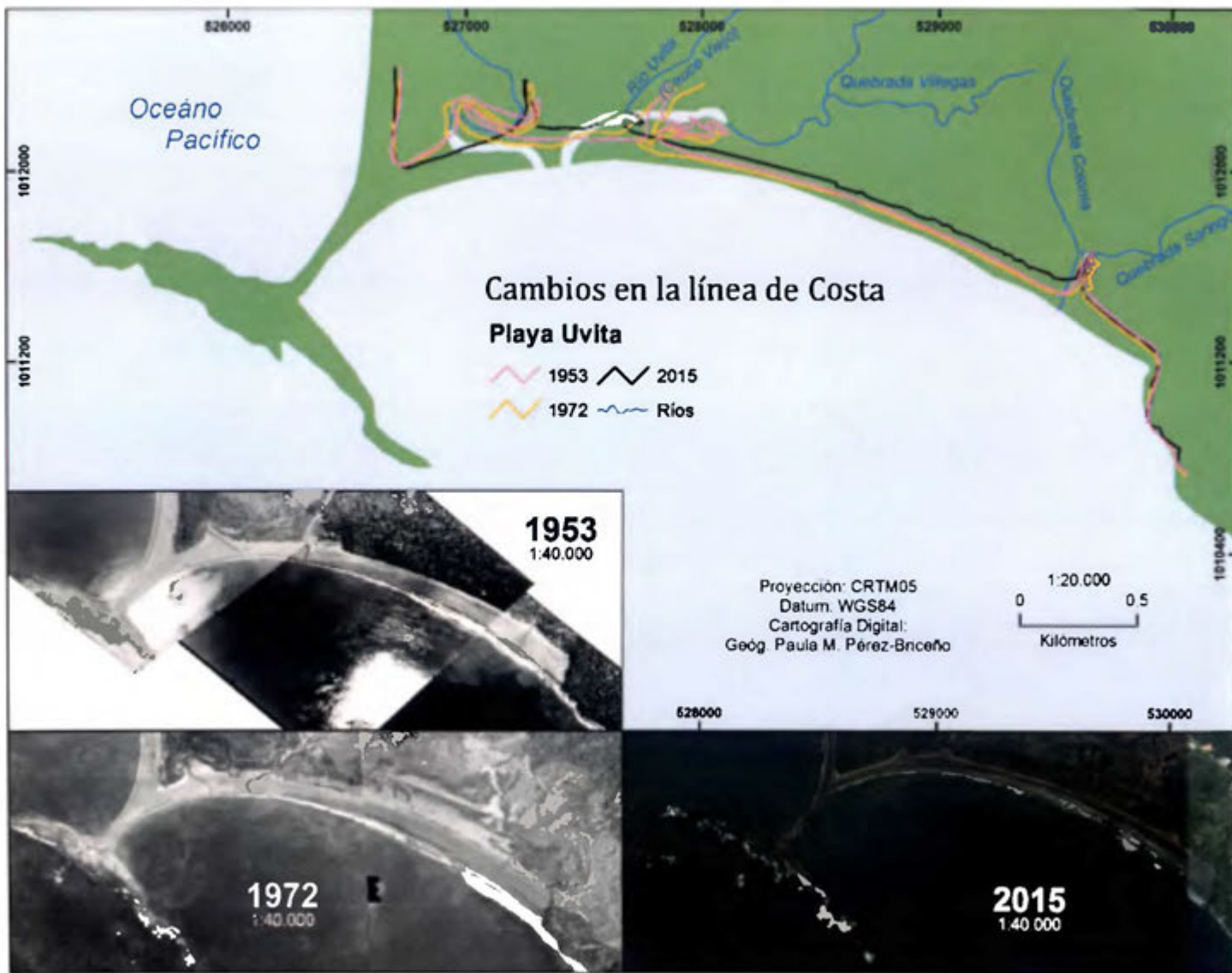


Figura 2-13 Cambios de la línea de costa para Playa Esterillos Oeste entre los 1945 y el 2016 con base en fotografías aéreas.

Figura 2-14 Cambios de la línea de costa para Playa Palo Seco entre los 1945 y el 2016 con base en fotografías aéreas.



Figura 2-15 Cambios de la línea de costa para Playa Uvita entre los 1953 y el 2015 con base en fotografías aéreas.



2.3.5 Análisis granulométrico

Los resultados de las granulometrías de arenas se muestran de la Figura 2-16 al Figura 2-23, donde $P\#$, se refiere al número de perfil, S que la muestra fue recolectada en la zona seca de la playa, H en la zona húmeda, $V\#$ indica el número de visita.

En Playas del Coco (Figura 2-16), la arena es fina con una media de 0.16 mm. Las muestras recolectadas más cerca de la zona intermareal poseen un 30% más de granos finos que las que fueron recolectadas cerca de la berma.

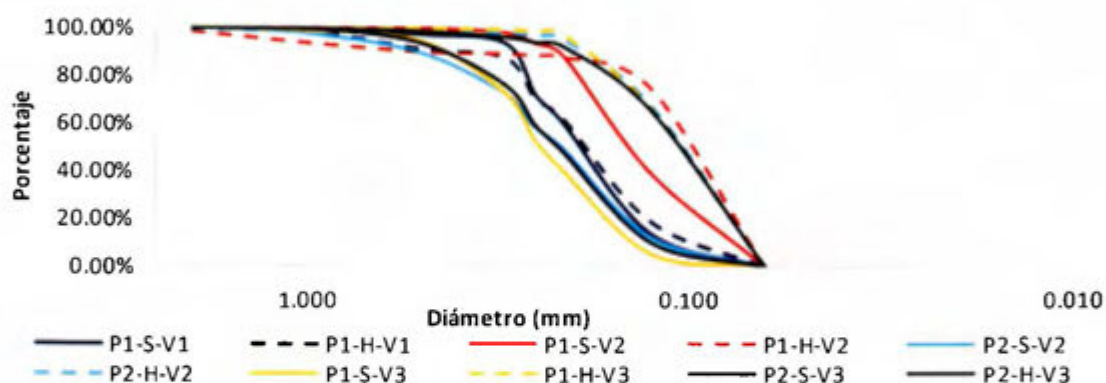


Figura 2-16 Granulometría de arenas de Playas del Coco recolectadas en la zona intermareal (línea punteada) y en la berma (línea continua) en las tres visitas al campo: (1) 27 de enero, 2015; (2) 28 de agosto, 2015; y (3) 20 de noviembre, 2015.

El promedio del tamaño de la arena (D_{50}) en Playa Potrero es de 0.22 mm por lo que se cataloga como arena fina (Figura 2-17). Las muestras recolectadas en la berma poseen granos más gruesos que las obtenidas en la zona de interacción mareal. Sin embargo, en el perfil una durante la visita uno, el patrón de ambas curvas es diferente al resto de la playa, con una acumulación mayor de granos más gruesos.

En Playa Conchal, la arena es catalogada como arena muy gruesa, donde el D_{50} se establece en 1.7 mm (Figura 2-18). Sin embargo, se descartó el material mayor a 2 mm por estar fuera del rango de las arenas. Las curvas granulométricas presentan mayores porcentajes en los diámetros cercanos a 2 mm.

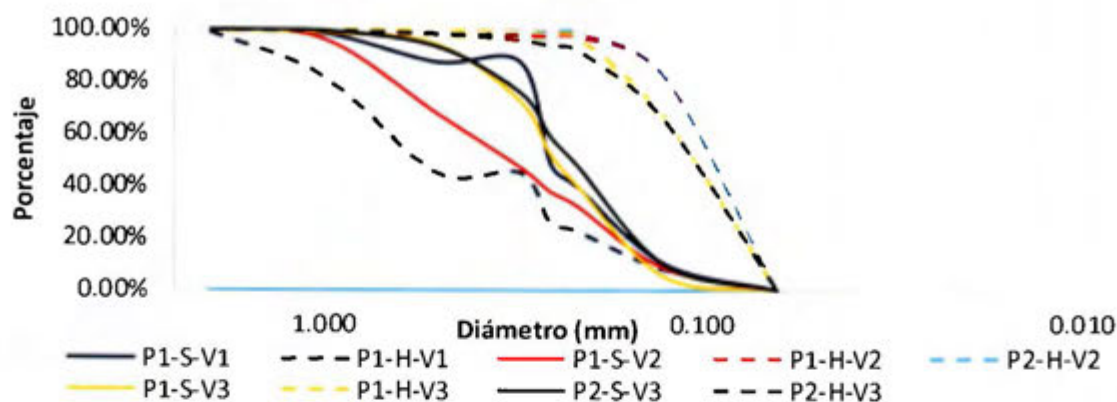


Figura 2-17 Granulometría de arenas de Playa Potrero recolectadas en la zona intermareal (línea punteada) y en la berma (línea continua) en las tres visitas al campo: (1) 28 de enero, 2015; (2) 27 de agosto, 2015; y (3) 19 de noviembre, 2015.

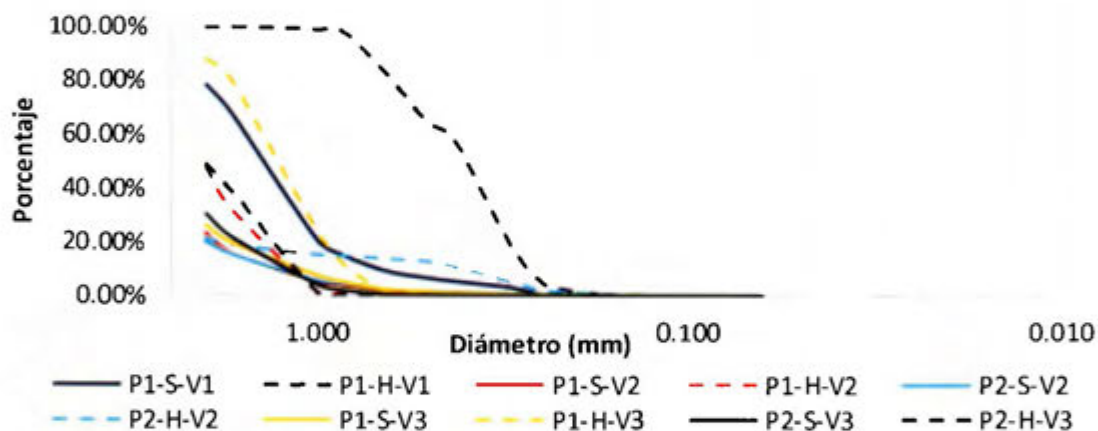


Figura 2-18 Granulometría de arenas de Playa Conchal recolectadas en la zona intermareal (línea punteada) y en la berma (línea continua) en las tres visitas al campo: (1) 28 de enero, 2015; (2) 28 de agosto, 2015; y (3) 19 de noviembre, 2015.

En Playa Caldera, el D50 está en 0.43 mm, por lo que la arena se considera arena media. Las curvas granulométricas de las muestras de zonas intermareales cumplen con presentar mayor porcentaje de granos más finos que las muestras de la berma, superior al 50% (Figura 2-19).

En Playa Jacó, la D50 está en 0.42 mm y se define como arena media, sin embargo si se observan las curvas granulométricas (Figura 2-20), ocho de las diez curvas tienen un D50 de 0.21 mm que corresponde a arena fina. Esto sucede por la presencia de material

muy grueso proveniente de la cuenca hidrográfica ocasionado por el movimiento de tierras para la elaboración de terrazas necesario para la construcción de edificios en las laderas de los cerros cercanos, actividad muy frecuente en la zona por el desarrollo turístico e inmobiliario al que ha estado expuesto en los últimos años. El material grueso y rojizo se puede observar desde la carretera y en los afluentes fluviales.

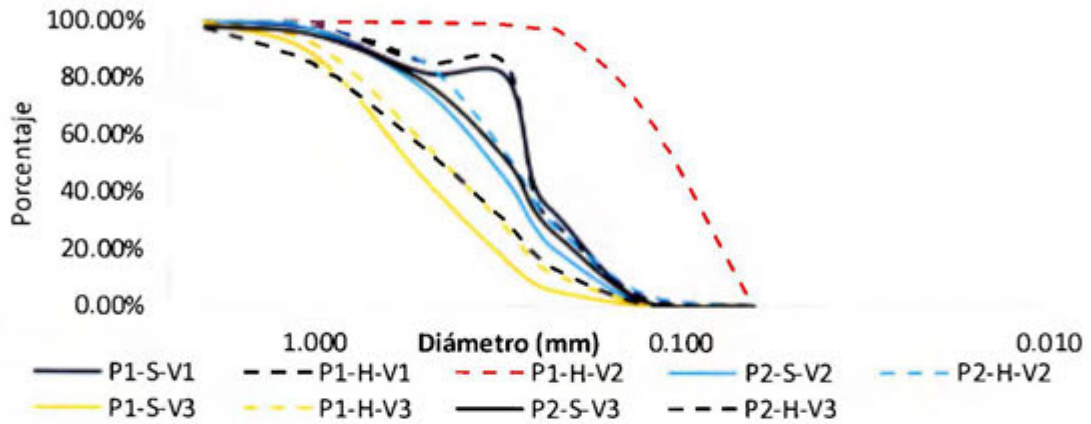


Figura 2-19 Granulometría de arenas de Playa Caldera recolectadas en la zona intermareal (línea punteada) y en la berma (línea continua) en las tres visitas al campo: (1) 11 de febrero, 2015; (2) 28 de agosto, 2015; y (3) 18 de noviembre, 2015.

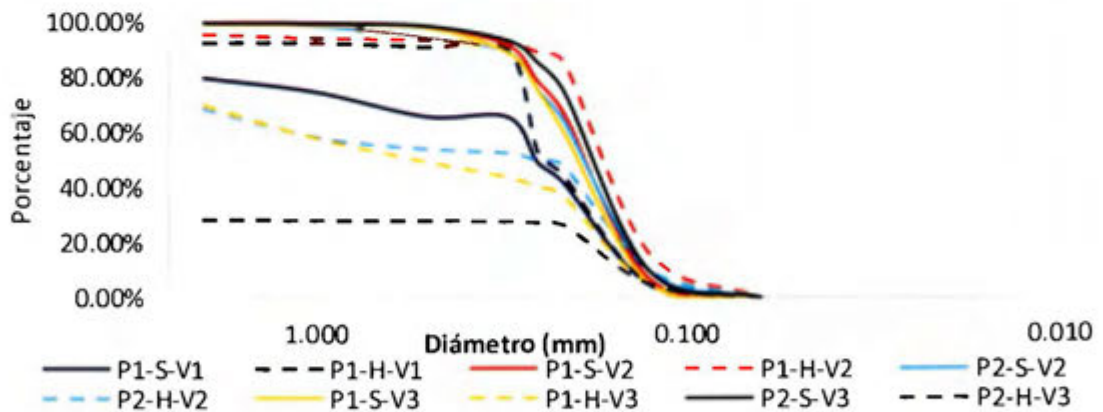


Figura 2-20 Granulometría de arenas de Playa Jacó recolectadas en la zona intermareal (línea punteada) y en la berma (línea continua) en las tres visitas al campo: (1) 11 de febrero, 2015; (2) 17 de setiembre, 2015; y (3) 28 de octubre, 2015.

En Playa Esterillos Oeste el D50 es de 0.41 mm, por tanto, la arena es media. Las curvas granulométricas de la Figura 2-21 muestran las distribuciones de tamaños de las muestras recolectadas. En Playa Palo Seco el D50 es de 0.21 mm, se clasifica como arena fina, la Figura 2-22 muestra que las curvas granulométricas tienen los mayores porcentajes en los tamaños más finos. En Playa Uvita, el D50 es de 0.19 mm siendo una arena fina. La Figura 2-23 ilustra la distribución de los tamaños de los granos de arena que se inclinan hacia los granos más pequeños.

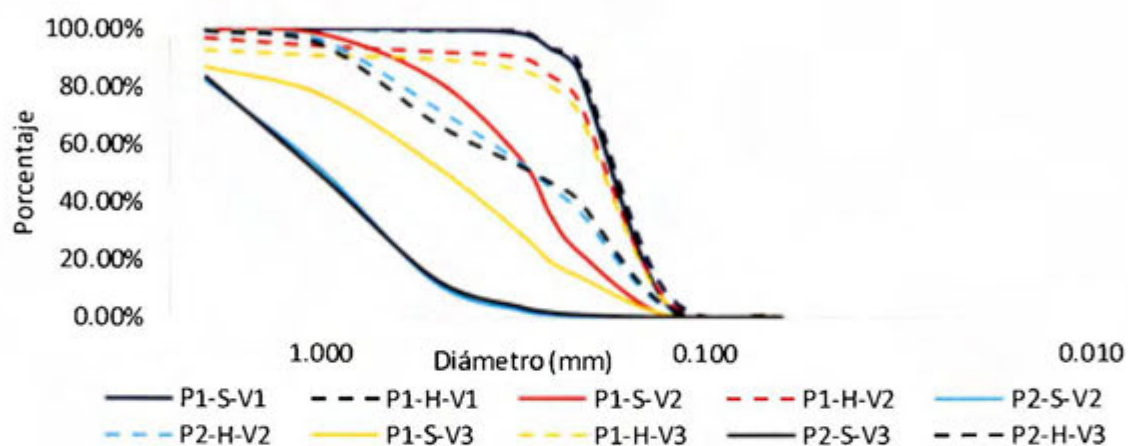


Figura 2-21 Granulometría de arenas de Playa Esterillos Oeste recolectadas en la zona intermareal (línea punteada) y en la berma (línea continua) en las tres visitas al campo: (1) 11 de febrero, 2015; (2) 17 de setiembre, 2015; y (3) 29 de octubre, 2015.

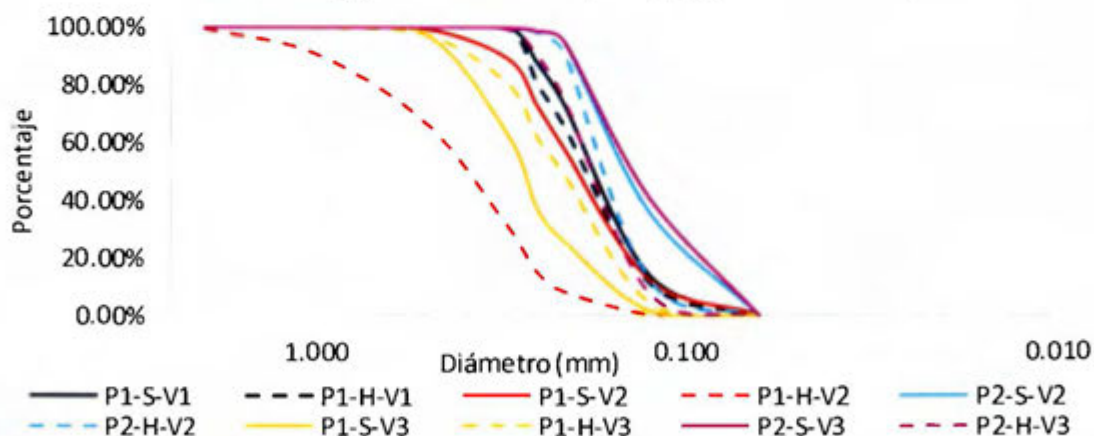


Figura 2-22 Granulometría de arenas de Playa Palo Seco recolectadas en la zona intermareal (línea punteada) y en la berma (línea continua) en las tres visitas al campo: (1) 11 de febrero, 2015; (2) 18 de setiembre, 2015; y (3) 30 de octubre, 2015.

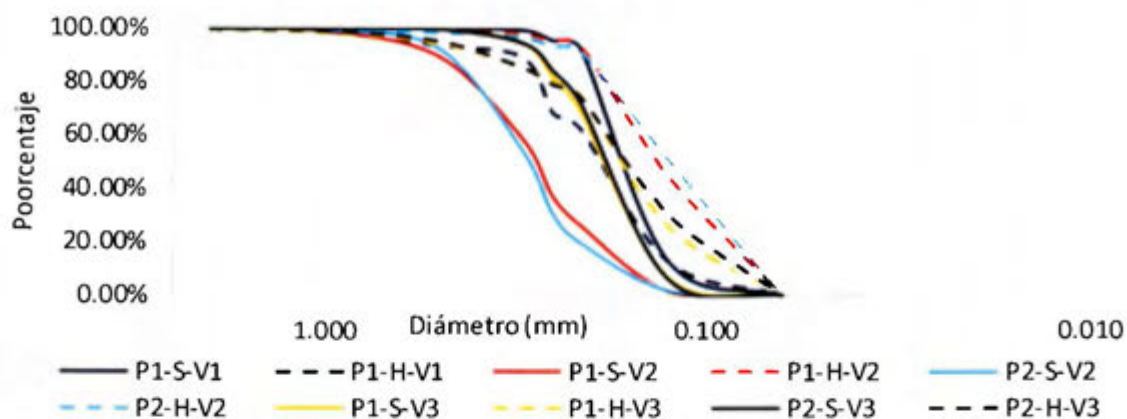


Figura 2-23 Granulometría de arenas de Playa Uvita recolectadas en la zona intermareal (línea punteada) y en la berma (línea continua) en las tres visitas al campo: (1) 12 de febrero, 2015; (2) 18 de setiembre, 2015; y (3) 30 de octubre, 2015.

El Cuadro 2-4 presenta el resumen de la media del tamaño del grano de la arena (D50) en cada playa con base en las granulometrías de arenas previamente expuestas. Playas del Coco, Playa Potrero, Playa Palo Seco y Playa Uvita son de arena fina. Playa Caldera y Playa Jacó, Playa Esterillos Oeste son de arena media y Playa Conchal es de arena muy gruesa (Cuadro 2-3). Además, brinda los valores w y A calculados a partir del D50, necesarias para determinar el perfil de equilibrio según la ecuación de Bruun (1954).

La Figura 2-24a enseña el resultado de una muestra de arenas posterior al análisis granulométrico separadas en cápsulas de porcelana de acuerdo a su tamaño de grano. La Figura 2-24b es un ejemplo de la arena de Playa Conchal conformada por material calcáreo (pequeños fragmentos de conchas).

Cuadro 2-4 Tamaño del D50 (mediana) para cada playa en estudio, y el resultado de los valores de w y A calculados para la ecuación de Bruun (perfil de equilibrio de playa).

Sitio de estudio	D50 (mm)	w	A
Playas del Coco	0.160	36.366	2.479
Playa Potrero	0.222	52.189	2.906
Playa Conchal	1.720	5.718	1.098
Playa Caldera	0.432	108.503	4.010

Sitio de estudio	D50 (mm)	w	A
Playa Jacó	0.423	105.959	3.969
Playa Esterillos Oeste	0.408	101.833	3.900
Playa Palo Seco	0.211	49.303	2.834
Playa Uvita	0.191	44.187	2.701

Elaboración propia.



Figura 2-24 Resultado de la granulometría de arenas: a) separación de una muestra húmeda de Playa Jacó según el tamaño del sedimento, b) imagen de granos de arena de Playa Conchal.

2.3.6 Caracterización del perfil de playa

A continuación, se exponen los resultados de los perfiles de playa levantados en campo y el perfil de equilibrio para cada playa. Los perfiles de la playa representan un momento y lugar determinado de la playa. En los gráficos se aprecian dos líneas, una que representa el perfil teórico (color naranja) y la otra el perfil levantado en campo (azul). El comportamiento de estas líneas, expresan tres condiciones de la playa: (1) sedimentación: si la línea del perfil de campo se encuentra por encima de la línea del perfil teórico de equilibrio de la playa; (2) erosión: si la línea que está por arriba es la del perfil teórico de la playa; (3) equilibrio: ambas líneas comparten la misma pendiente.

En Playas del Coco, la Figura 2-25 muestra la ubicación de los perfiles levantados, uno se encuentra al norte de la desembocadura de una quebrada y el segundo perfil al sur cerca del final del Paseo Marítimo. El Cuadro 2-5 contiene las condiciones del oleaje y el estado de la marea para el momento en que se levantó el perfil. Todos los perfiles se elaboraron durante la marea baja. El oleaje en la primera visita era bajo, mientras que en la segunda y tercera visita el oleaje era medio hacia alto.

La Figura 2-26 ilustra todos los perfiles levantados en campo. Tienen una pendiente mayor a la que se considera el perfil de equilibrio. El perfil 1 de la segunda y tercera visita, muestran una condición de sedimentación antes de los primeros 20 m, pero luego la playa tiene condición de erosión por la falta de sedimento. El perfil 2 en campo de la segunda y tercera visita muestran la presencia de un muro construido en el cordón litoral que pretende proteger el sedimento de la zona de la berma, por lo que la pendiente es más pronunciada que en los otros perfiles.

Cuadro 2-5 Condición de oleaje y marea durante el levantamiento de perfiles, Playas del Coco.

Visita	Fecha	Hora	H _s promedio	H _s máxima	Marea (altura, hora, marea, zona)
1	27/01/2014	15:45	1.0 m	1.4 m	40 cm, 17:11 (B), Bahía Culebra
2	28/08/2015	6:00	1.9 m	2.5 m	24 cm, 7:02 (B), Bahía Culebra
3	20/11/2015	14:00	1.2 m	1.6 m	34 cm, 15:05 (B), Bahía Culebra

H_s promedio: Altura significativa promedio

H_s máxima: Altura significativa máxima

B: Marea baja; A: Marea alta

< 1 metro > 1 metro > 2 metros

Fuente: Módulo de Información Oceanográfica, Universidad de Costa Rica.



Figura 2-25 Ubicación de los perfiles en Playas del Coco.

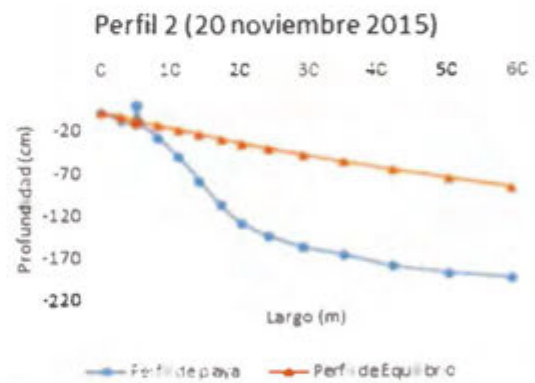
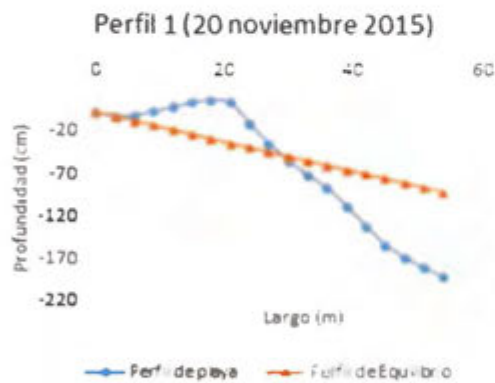
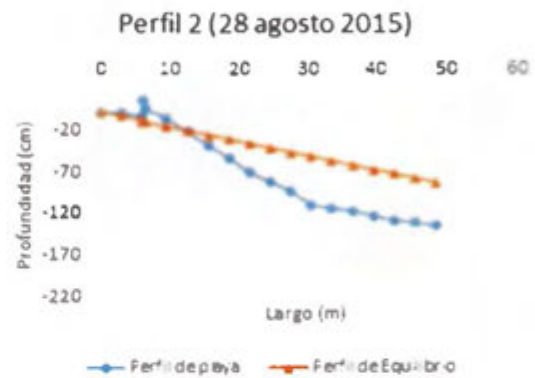
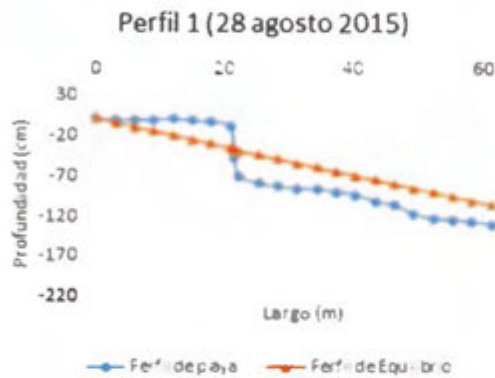
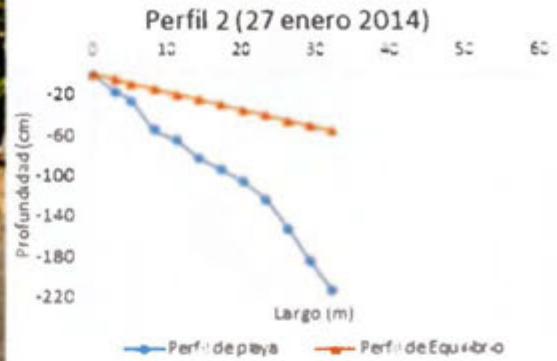


Figura 2-26 Perfiles de playa para Playas del Coco levantados en campo durante las tres visitas (línea azul) y comparados con el perfil de equilibrio (línea naranja).

En Playa Potrero, la ubicación de los perfiles se puede apreciar en la Figura 2-27. El primer perfil se ubica cerca de una salida de aguas de alcantarillado. El segundo aproximadamente a 100 m al oeste, ya que el acceso a la playa es limitado por la presencia de construcciones al borde de la costa.

Las condiciones del oleaje durante el levantamiento del perfil eran bajas en la primera visita y medias en la segunda visita. El estado de la marea para el momento en que se levantó el perfil en la primera visita tenía 3 horas de estar subiendo por lo que el perfil es más corto, para la segunda y tercera visita la marea estaba baja (Cuadro 2-6).

La Figura 2-28 presenta los perfiles de Playa Potrero, y todos muestran erosión. En el primer perfil se aprecia el efecto de cambios que provoca el alcantarillado en la playa. En el segundo perfil, el perfil teórico de equilibrio está muy por encima de la pendiente de la playa, lo que indica erosión.

Cuadro 2-6 Condición de oleaje y marea durante el levantamiento de perfiles, Playa Potrero.

Visita	Fecha	Hora	H _s promedio	H _s máxima	Marea (altura, hora, marea, zona)
1	28/01/2014	9:00	1.0 m	1.3 m	22 cm, 5:59 (A), Bahía Culebra
2	27/08/2015	17:00	1.8 m	2.3 m	24 cm, 18:39 (B), Bahía Culebra
3	19/11/2015	13:30	1.2 m	1.6 m	31 cm, 14:02 (B), Bahía Culebra

H_s promedio: Altura significativa promedio

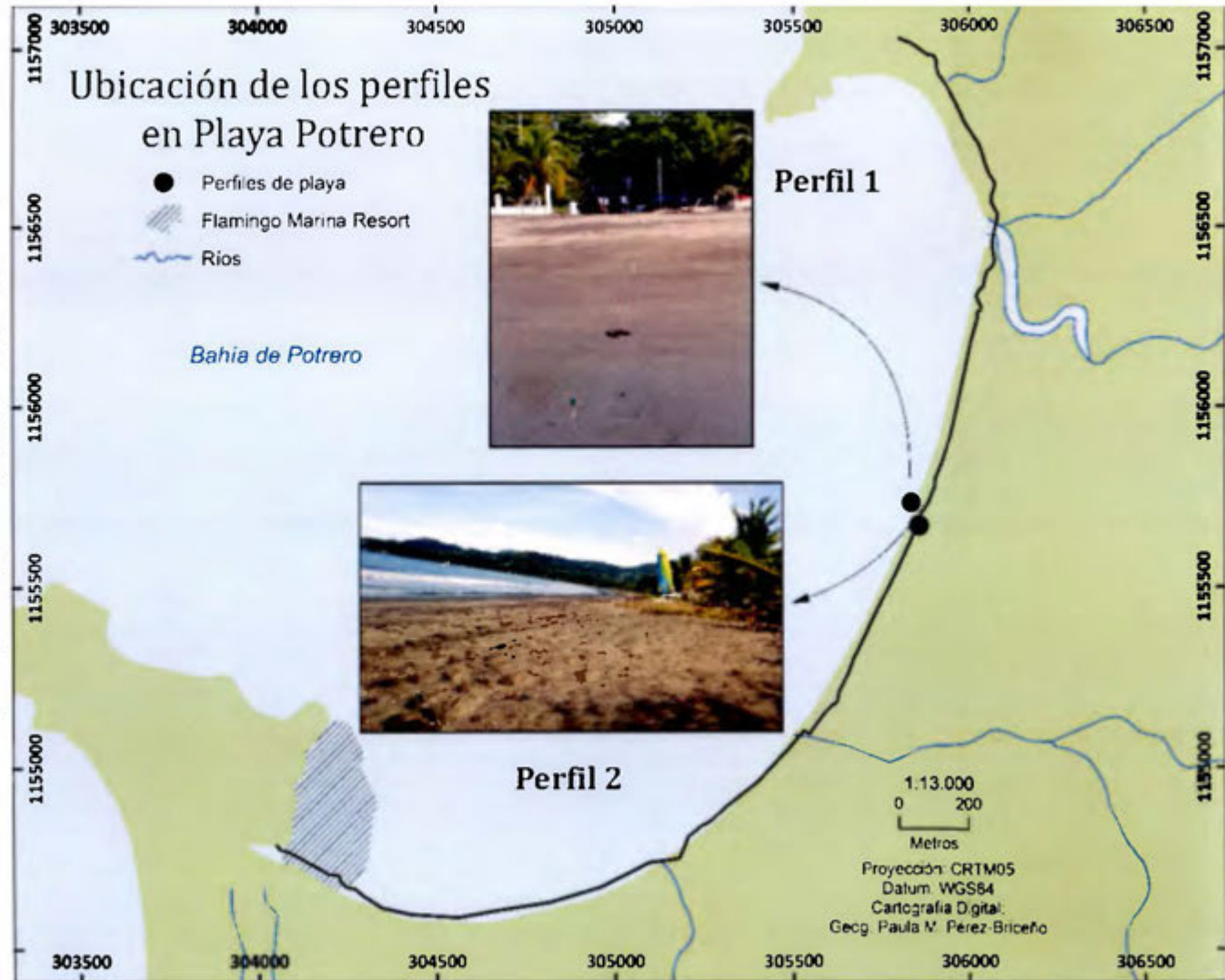
H_s máxima: Altura significativa máxima

B: Marea baja; A: Marea alta

< 1 metro > 1 metro > 2 metros

Fuente: Módulo de Información Oceanográfica, Universidad de Costa Rica.

Figura 2-27 Ubicación de los perfiles en Playa Potrero.



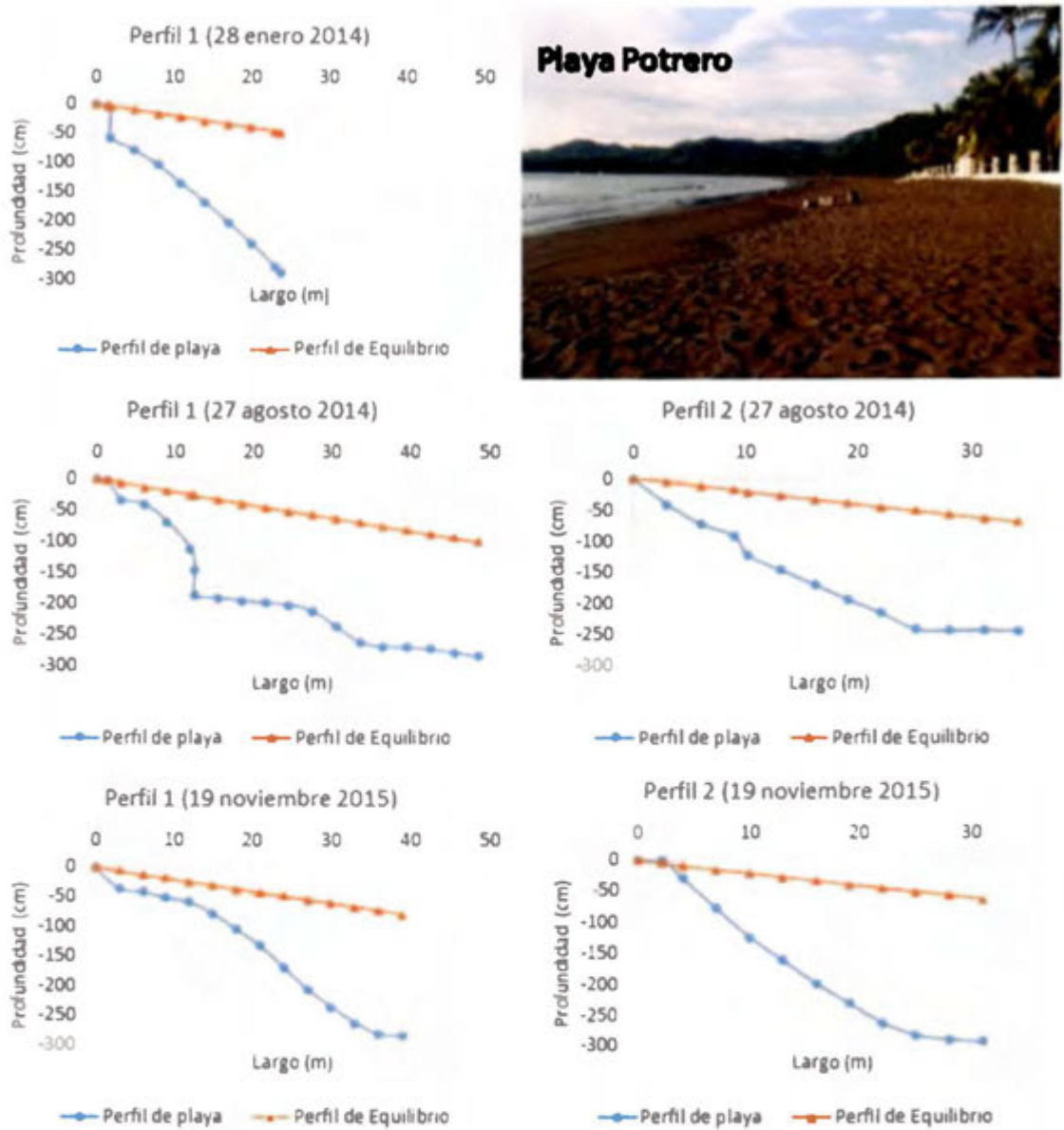


Figura 2-28 Perfiles de playa para Playa Potrero levantados en campo durante las tres visitas (línea azul) y comparados con el perfil de equilibrio (línea naranja).

En Playa Conchal, los perfiles fueron levantadas en el sector este de la playa (Figura 2-29). El Cuadro 2-7 presenta las características del oleaje y la marea durante el levantamiento del perfil, que al igual que en Playa Potrero durante la primera visita se trabajó con la marea subiendo, es por ello que el perfil es un poco más corto que en las visitas siguientes. Las condiciones del oleaje en el primer perfil eran bajas a diferencia de la segunda y tercera visita, donde el oleaje era medio con olas mayores a 1.2m hasta un máximo de 2.3m. Todos los perfiles levantados en campo muestran un gran desequilibrio de la playa hacia la erosión (Figura 2-30). En el primer perfil de la visita de enero 2014, la pérdida de material no consolidado es mayor que en las visitas de agosto y noviembre del 2015. En el segundo perfil se nota la pérdida de material de agosto a noviembre del 2015, situación que era de esperar por la marea astronómica del 30 de setiembre, 2015.

Cuadro 2-7 Condición de oleaje y marea durante el levantamiento de perfiles, Playa Conchal.

Visita	Fecha	Hora	H _s promedio	H _s máxima	Marea (altura, hora, marea, zona)
1	28/01/2014	10:00	1.0 m	1.2 m	240 cm, 12:21 (A), Bahía Culebra
2	27/08/2015	15:45	1.8 m	2.3 m	24 cm, 18:39 (B), Bahía Culebra
3	19/11/2015	11:30	1.2m	1.6 m	31 cm, 14:02 (B), Bahía Culebra

H_s promedio: Altura significativa promedio

H_s máxima: Altura significativa máxima

B: Marea baja; A: Marea alta

< 1 metro > 1 metro > 2 metros

Fuente: Módulo de Información Oceanográfica, Universidad de Costa Rica .



Figura 2-29 Ubicación de los perfiles en Playa Conchal.

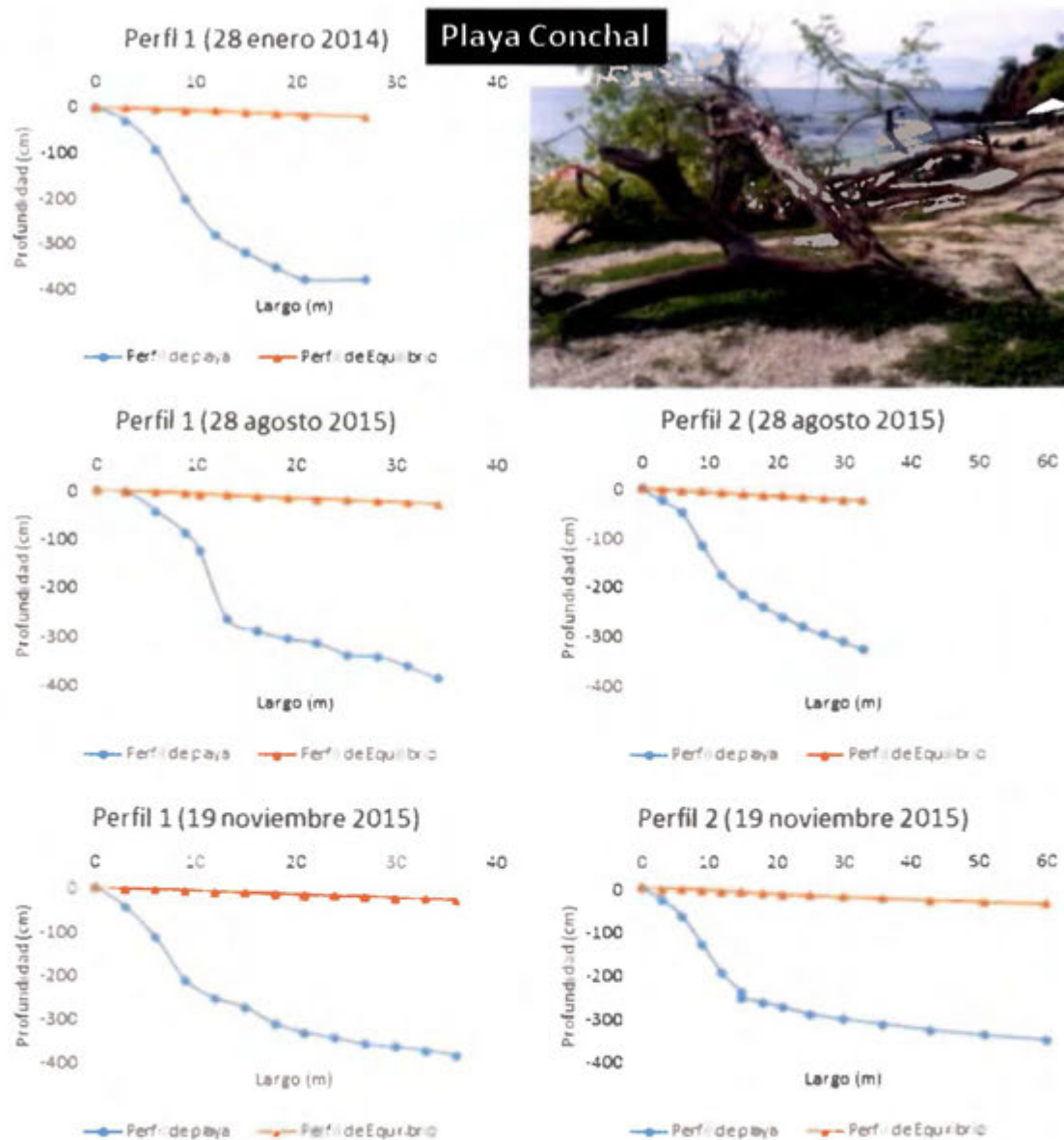


Figura 2-30 Perfiles de playa para Playa Conchal levantados en campo durante las tres visitas (línea azul) y comparados con el perfil de equilibrio (línea naranja).

En Playa Caldera (Figura 2-11, Figura 2-32), el primer perfil se realizó en un sitio donde es demostrable la erosión de la playa. En esta zona existe un rompeolas conformado por grandes rocas que se colocan para contrarrestar el fuerte oleaje. La evolución de los perfiles enseña como la fuerza del oleaje va desgastando la parte frontal del dique, por ejemplo, en la visita de enero 2014 la pendiente está más suavizada con relación a la vista de noviembre 2015.

En el segundo perfil, también existe un desequilibrio, pero es menor. Al inicio existe un desnivel (grada) que posteriormente desciende paulatinamente hasta la playa. En esta playa es fácil observar corrientes de resaca y la formación de cuspados. Las condiciones del mar durante la toma del perfil están en el Cuadro 2-8.

Cuadro 2-8 Condición de oleaje y marea durante el levantamiento de perfiles, Playa Caldera.

Visita	Fecha	Hora	H _s promedio	H _s máxima	Marea (altura, hora, marea, zona)
1	11/02/2014	11:00	0,8	1,1	227 cm, 13:39 (A), Puntarenas
2	28/08/2015	12:00	1,4	1,9	275 cm, 13:23 (A), Puntarenas
3	18/11/2015	12:05	1,6	2	25 cm, 1:10 (B), Puntarenas

H_s promedio: Altura significativa promedio

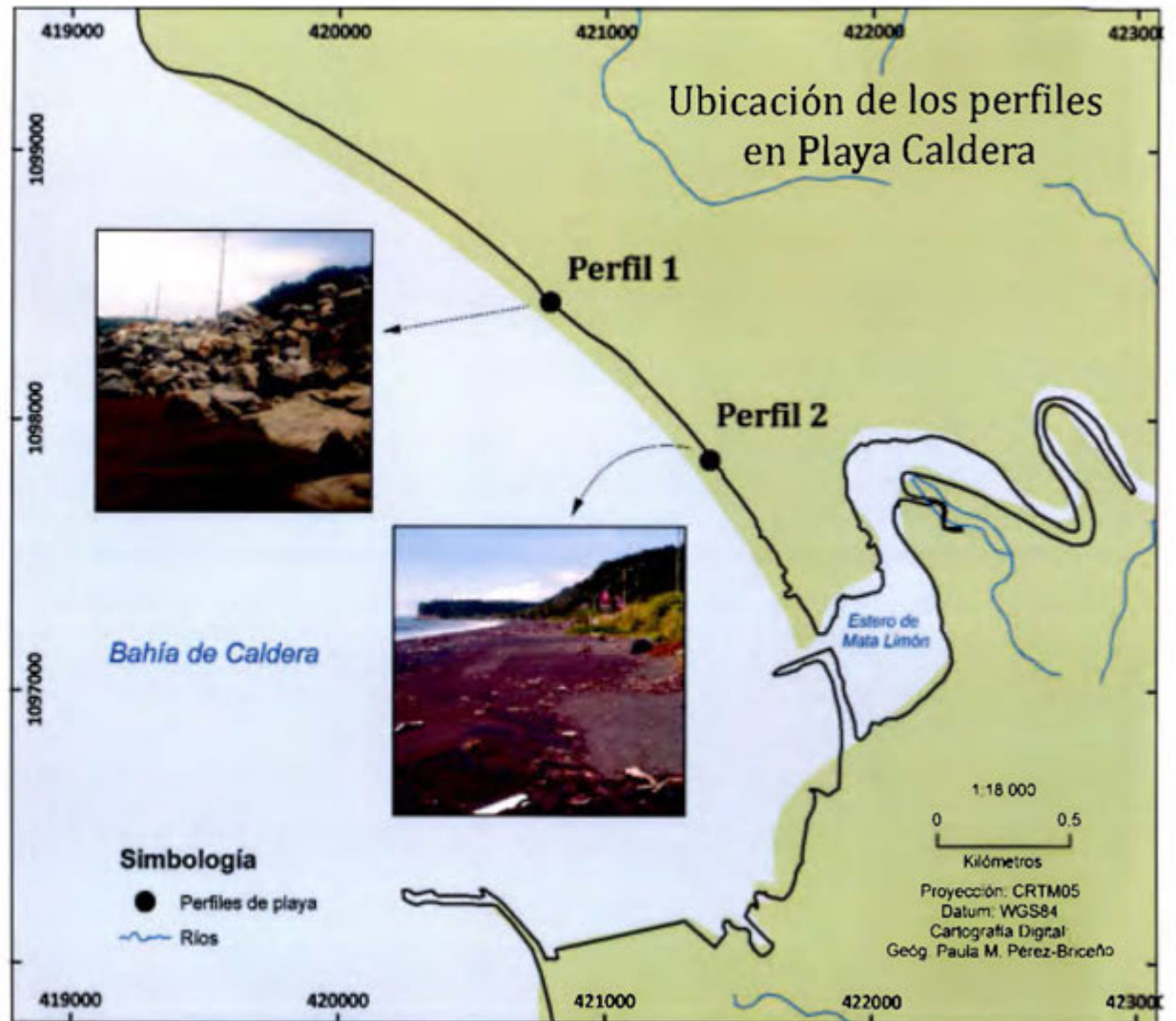
H_s máxima: Altura significativa máxima

B: Marea baja; A: Marea alta

< 1 metro > 1 metro > 2 metros

Fuente: Módulo de Información Oceanográfica, Universidad de Costa Rica.

Figura 2-31 Ubicación de los perfiles en Playa Caldera.



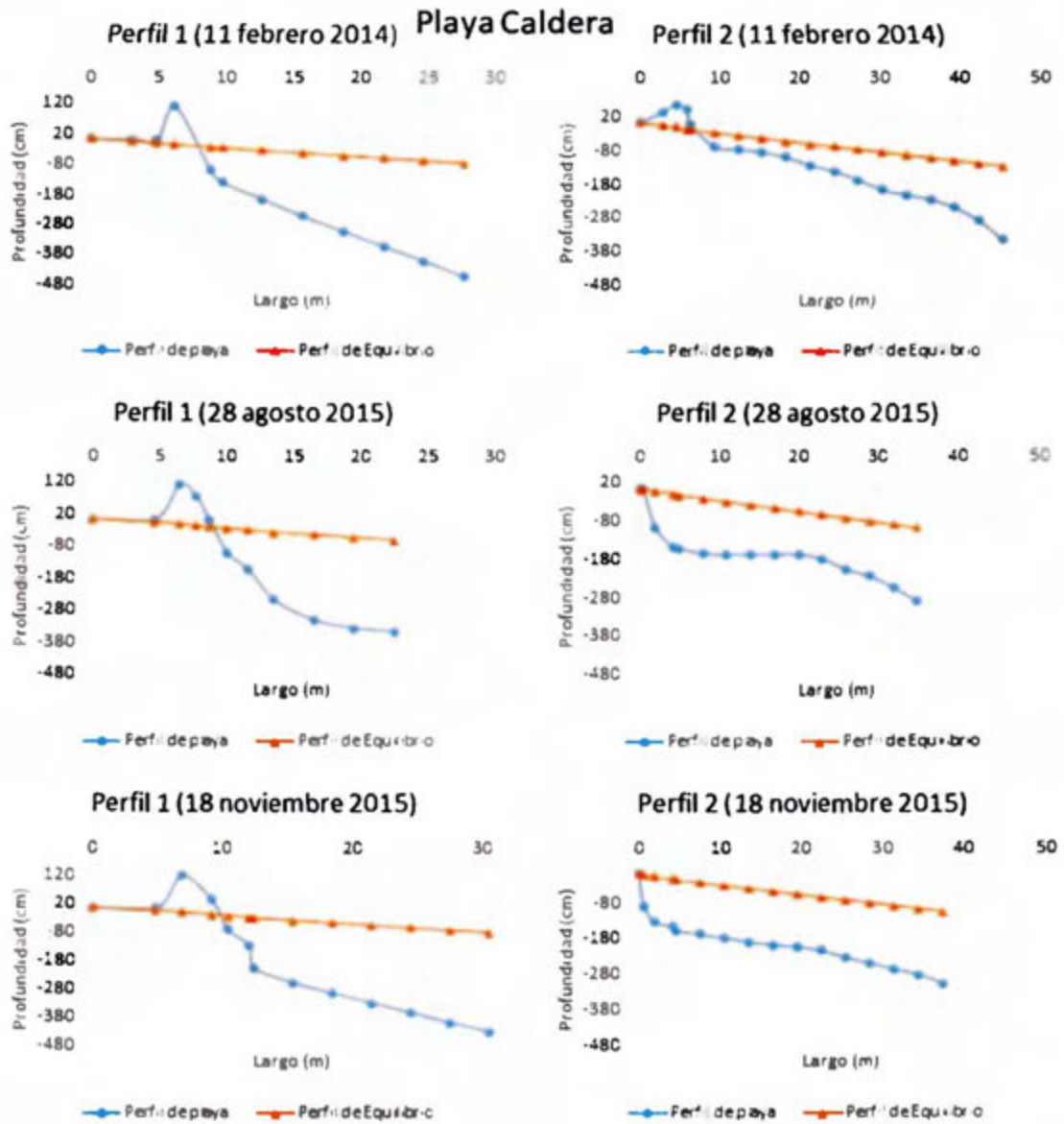


Figura 2-32 Perfiles de playa para Playa Caldera levantados en campo durante las tres visitas (línea azul) y comparados con el perfil de equilibrio (línea naranja).

En Playa Jacó, el primer perfil se ubicó en el sector norte de la bahía (Figura 2-33) y muestra una condición de sedimentación ya que la línea del perfil de equilibrio teórico está por encima de la del perfil levantado. El segundo perfil se levantó en el sur de la bahía (Figura 2-33) y tanto en la visita uno como en la visita tres, está erosionado, es decir la línea del perfil levantado en campo está por debajo de la línea teórica. En la visita dos, el perfil se encontró muy cerca de la línea de equilibrio teórico. Tanto en el perfil 1 como en el perfil 2 entre la visita dos y tres, se visualizó el impacto de la marea astronómica ocurrida el 30 de setiembre del 2016 (Pugh, 2004) (Figura 2-34).

El Cuadro 2-9 presenta las condiciones del mar a la hora del levantamiento del perfil, todos fueron levantados cerca de la marea baja.

Cuadro 2-9 Condición de oleaje y marea durante el levantamiento de perfiles, Playa Jacó.

Visita	Fecha	Hora	H _s promedio	H _s máxima	Marea (altura, hora, marea, zona)
1	11/02/2014	15:30	0.8 m	1.1 m	49 cm, 19:38 (B), Herradura
2	17/09/2015	10:00	1.1 m	1.4 m	13 cm, 11:11 (B), Herradura
3	28/10/2015	10:00	1.6 m	2.1 m	-39 cm, 8:55 (B), Herradura

H_s promedio: Altura significativa promedio

H_s máxima: Altura significativa máxima

B: Marea baja; A: Marea alta

< 1 metro > 1 metro > 2 metros

Fuente: Módulo de Información Oceanográfica, Universidad de Costa Rica.

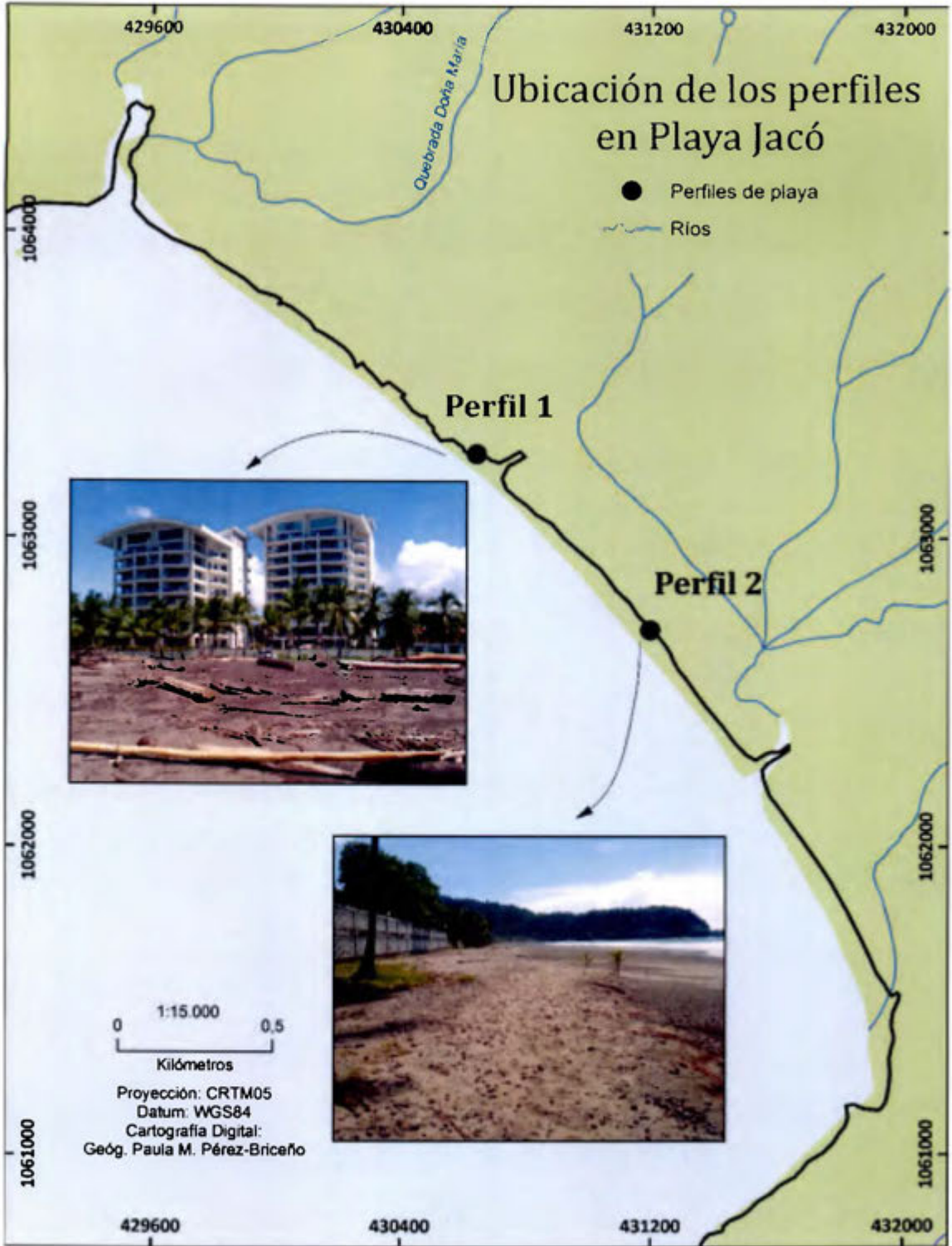


Figura 2-33 Ubicación de los perfiles en Playa Jacó.

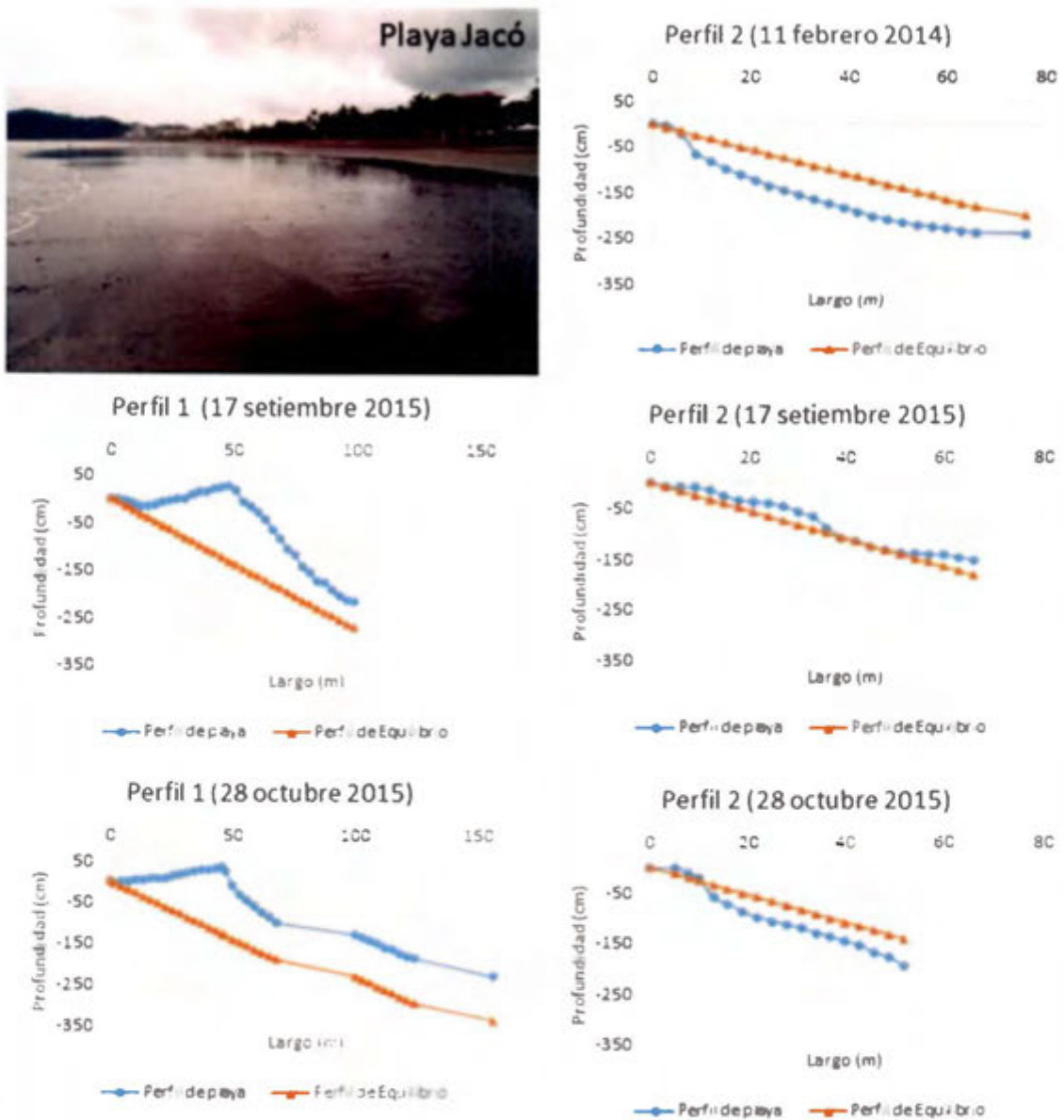


Figura 2-34 Perfiles de playa para Playa Jacó levantados en campo durante las tres visitas (línea azul) y comparados con el perfil de equilibrio (línea naranja).

En Playa Esterillos Oeste, el primer perfil fue levantado en donde existe un relleno de material arcilloso y el segundo perfil aproximadamente 1 km al este (Figura 2-35). En la primera visita, la grada inicialmente fue de unos 60 cm, para la segunda ocasión 90 cm y en la tercera visita alcanzó 1 m de altura. A partir de la base de la grada la pendiente es bastante suavizada, principalmente en la tercera visita (Figura 2-36). En el segundo perfil, se nota la gran dinámica a la que se ve sometida la playa. En la visita de setiembre 2015, existía una zona de relleno bastante amplia, que para la visita de octubre desaparece e inclusive se forma una especie de riachuelo en la playa (Figura 2-36).

Las condiciones del mar se observan en el Cuadro 2-10. Para la tercera visita la marea estaba 43 cm por debajo del nivel cero de la marea, es por ello que el perfil se extendió más que en las visitas anteriores. El oleaje presentaba condiciones bajas en la primera visita y medias en la segunda y tercera visita.

Cuadro 2-10 Condición de oleaje y marea durante el levantamiento de perfiles, Playa Esterillos Oeste.

Visita	Fecha	Hora	H _s promedio	H _s máxima	Marea (altura, hora, marea, zona)
1	11/02/2014	16:30	0.9 m	1.2 m	49 cm, 19:38 (B), Herradura
2	17/09/2015	12:00	1.1 m	1.4 m	13 cm, 11:11 (A), Herradura
3	29/10/2015	09:00	1.4 m	1.9 m	-43 cm, 9:43 (B), Herradura

H_s promedio: Altura significativa promedio

H_s máxima: Altura significativa máxima

B: Marea baja; A: Marea alta

< 1 metro > 1 metro > 2 metros

Fuente: Módulo de Información Oceanográfica, Universidad de Costa Rica.

Figura 2-35 Ubicación de los perfiles en Playa Esterillos Oeste.



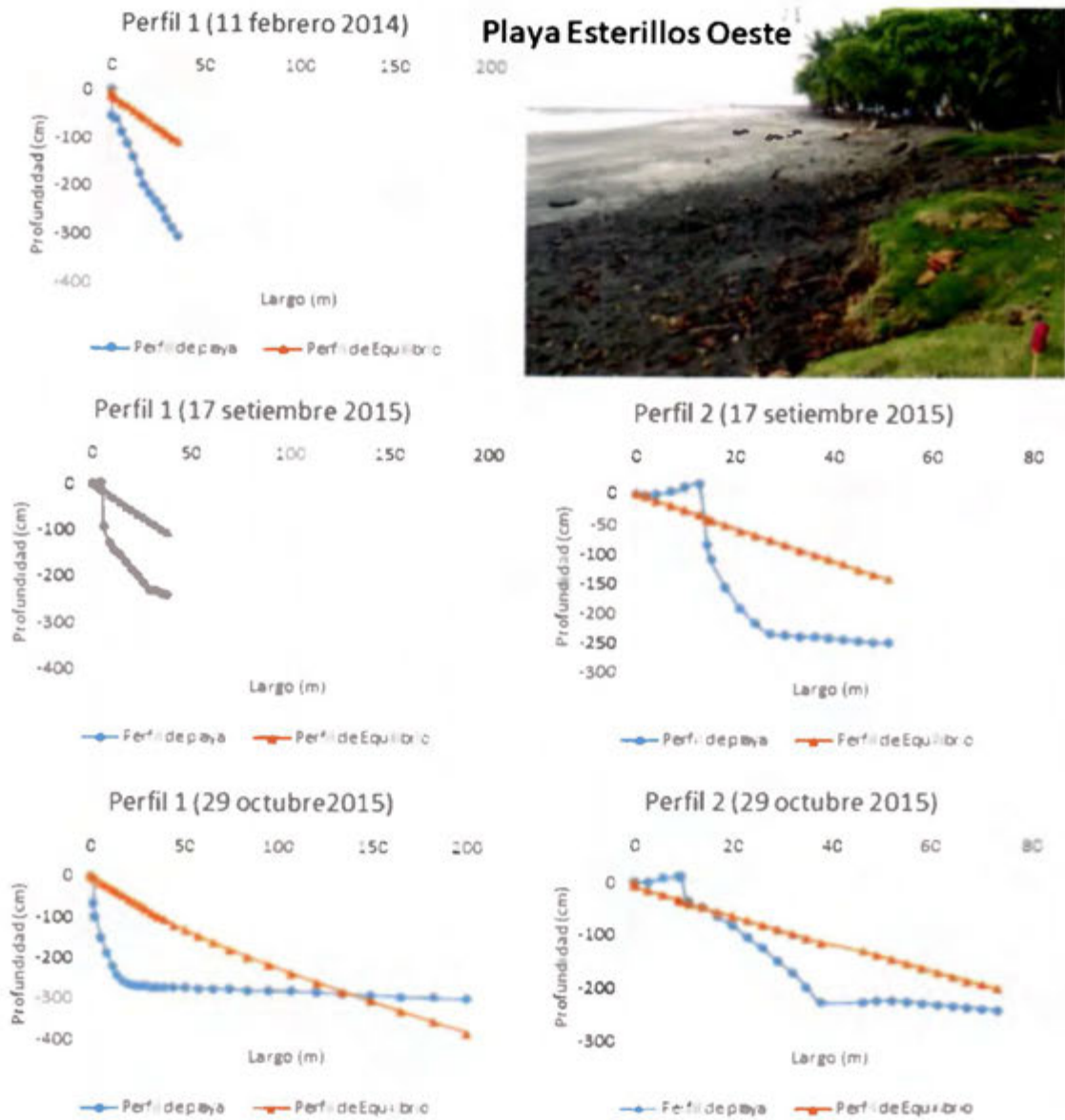


Figura 2-36 Perfiles de playa para Playa Esterillos Oeste levantados en campo durante las tres visitas (línea azul) y comparados con el perfil de equilibrio (línea naranja).

En Playa Palo Seco, el perfil levantado en el sitio dos tiene un mayor desequilibrio que el sitio uno. El primero se ubica cerca de la desembocadura del río Parrita, mientras el segundo está cercano a la salida del Estero de Palo Seco (Figura 2-37), que de acuerdo con la Figura 2-14 ha cambiado su morfología en los últimos años. Los perfiles del sitio uno, denotan una berma inicial de 20 m para el 2014, mientras que para el 2015, se extiende hasta por 40 m. Posterior a la berma, el perfil de la playa es bastante pronunciado y por ende, en desequilibrio (Figura 2-38). En el segundo sitio, en todos los perfiles existe una grada de erosión, inicialmente de unos 50 cm en el 2014, y de 70 cm para el 2015. La diferencia con el perfil de equilibrio es más pronunciada en esta zona de la playa. Las condiciones del mar indican que se trabajó durante la marea baja (Cuadro 2-11).

Cuadro 2-11 Condición de oleaje y marea durante el levantamiento de perfiles, Playa Palo Seco.

Visita	Fecha	Hora	H _s promedio	H _s máxima	Marea (altura, hora, marea, zona)
1	11/02/2014	17:15	0.9 m	1.2 m	60 cm, 18:46 (B), Quepos
2	18/09/2015	13:00	1.2 m	1.5 m	20 cm, 11:48 (B), Quepos
3	30/10/2015	12:00	1.2 m	1.6 m	-38 cm, 10:28 (B), Quepos

H_s promedio: Altura significativa promedio

H_s máxima: Altura significativa máxima

B: Marea baja; A: Marea alta

< 1 metro > 1 metro > 2 metros

Fuente: Módulo de Información Oceanográfica, Universidad de Costa Rica.

Figura 2-37 Ubicación de los perfiles en Playa Palo Seco.



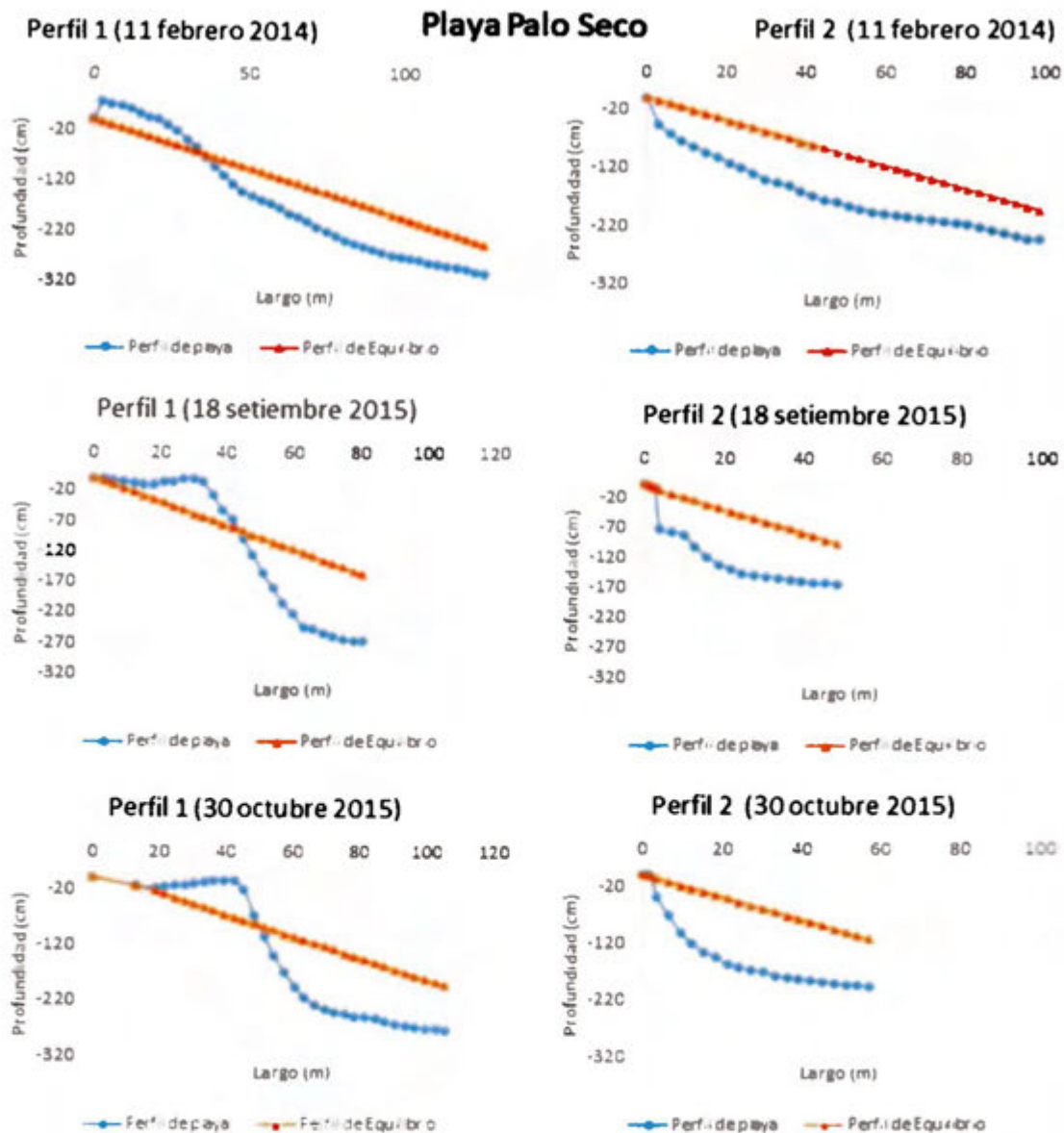


Figura 2-38 Perfiles de playa para Playa Palo Seco levantados en campo durante las tres visitas (línea azul) y comparados con el perfil de equilibrio (línea naranja).

En Playa Uvita, en general, los perfiles levantados tienen un comportamiento similar. Los perfiles fueron levantados hacia el este con una distancia entre ellos de 200 m aproximadamente (Figura 2-39). Las condiciones del mar se encuentran en el Cuadro 2-12. En las tres visitas se trabajó con marea baja.

Inician con una pendiente muy fuerte a la orilla de la vegetación, donde se observa cómo el sistema radicular ha sido muy erosionado. La pendiente después de este quiebre abrupto, es bastante leve. En el perfil 1, en la tercera visita, el perfil de equilibrio llega a estar por debajo del perfil levantado en la playa, indicando una pequeña zona de relleno (Figura 2-40).

Cuadro 2-12 Condición de oleaje y marea durante el levantamiento de perfiles, Playa Uvita.

Visita	Fecha	Hora	H _s promedio	H _s máxima	Marea (altura, hora, marea, zona)
1	12/02/2014	17:00	0.9 m	1.1 m	49 cm, 19:35 (B), Quepos
2	18/09/2015	9:00	1.2 m	1.6 m	20 cm, 11:48 (B), Quepos
3	30/10/2015	09:00	1.2 m	1,6	-38 cm, 10:28 (B), Quepos

H_s promedio: Altura significativa promedio

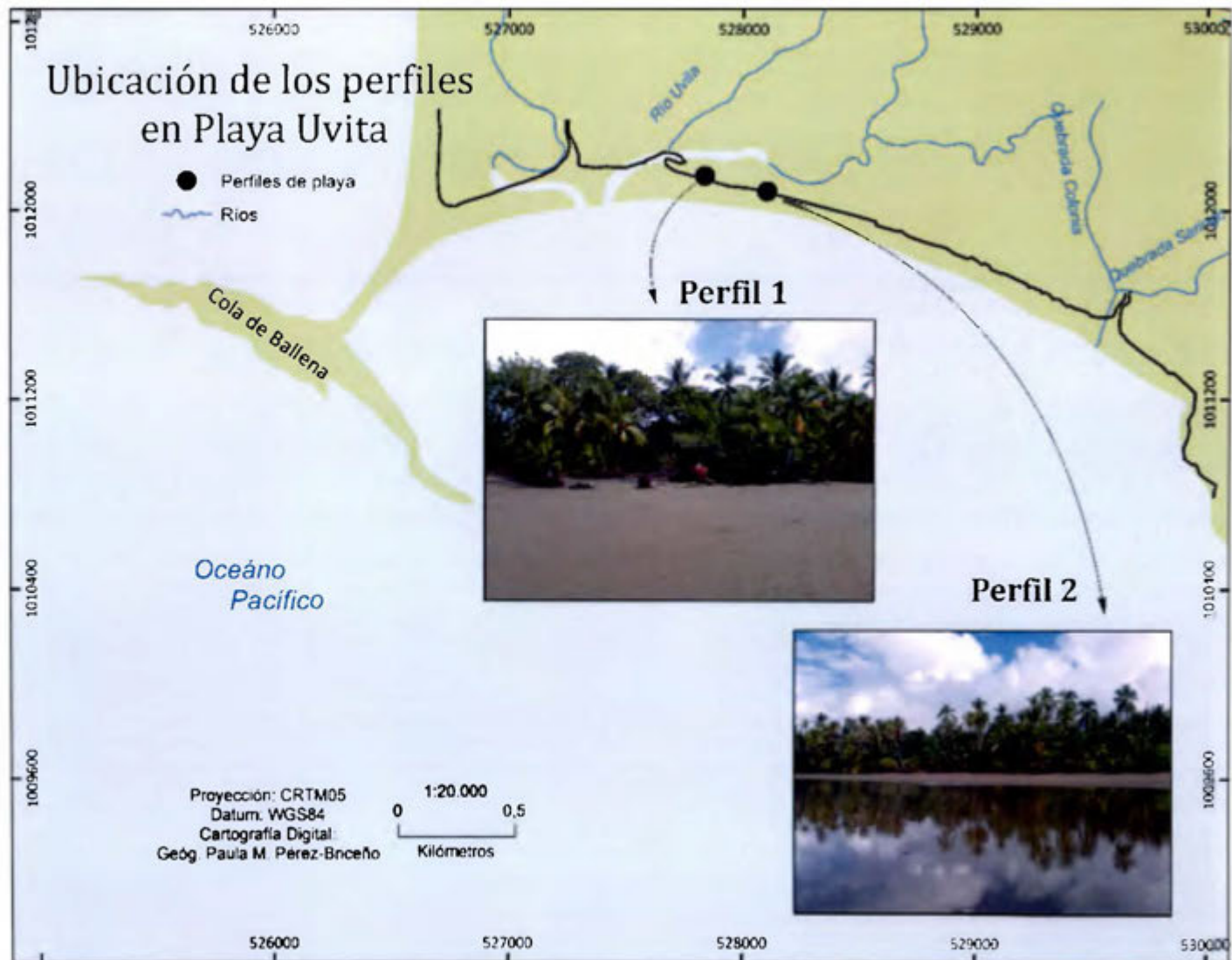
H_s máxima: Altura significativa máxima

B: Marea baja; A: Marea alta

< 1 metro > 1 metro > 2 metros

Fuente: Módulo de Información Oceanográfica, Universidad de Costa Rica.

Figura 2-39 Ubicación de los perfiles en Playa Uvita.



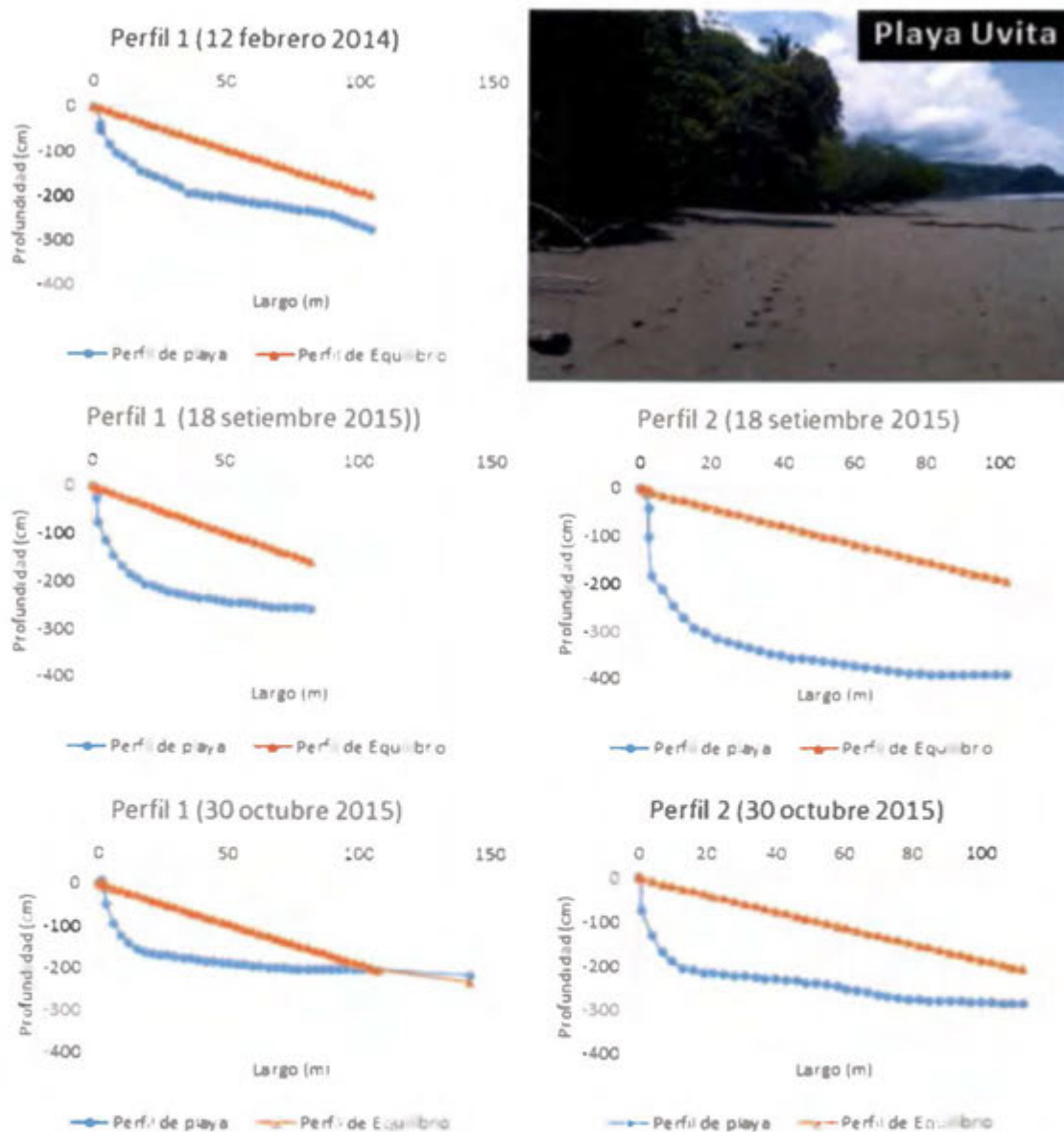


Figura 2-40 Perfiles de playa para Playa Uvita levantados en campo durante las tres visitas (línea azul) y comparados con el perfil de equilibrio (línea naranja).

2.3.7 Caracterización demográfica, social y económica

La Figura 2-41 muestra la evolución de la población para los siete distritos en el que se ubican las playas de este estudio. En el caso de Sardinal de 1973 a 1984 hubo un aumento del 20%. Para el 2000 el incremento fue del 70% con respecto a 1984 y 11 años después aumentó 47%. En Tempate el crecimiento de la población es del 5% de 1973 al 2000, pero para el 2011 aumentó un 66% con relación al 2000. Cabo Velas aparece como distrito hasta el Censo 2000, en ese entonces reportó una población de 2,132 habitantes y 11 años aumentó a 3362 personas, lo que significa un aumento del 58%. Todos estos distritos se ubican en la provincia Guanacaste (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 1973, 1984, 2000, 2011).

Espíritu Santo muestra una dinámica ascendente hasta el 2000, no obstante, para el 2011 decrece 1%. En el 2012, fuertes inundaciones costeras en la zona de Caldera afectaron a la población que residía en el norte de la bahía, por lo que tuvo que ser relocalizada. Actualmente este lugar se encuentra desalojado (Garita, 2012). Jacó, entre 1973 y 1984 tiene una población casi estática, pero para el 2000 dobla la población y para el 2011 vuelve a ocurrir el mismo fenómeno. Parrita de 1973 a 1984 pierde población, la cual recupera para el año 2000, y en el 2011 aumenta un 33%.

Bahía Ballena aparece como distrito hasta el Censo 2000 con una población de 1,990 personas y para el 2011 reportó 3,306 habitantes. Estos distritos pertenecen a la provincia Puntarenas (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 1973, 1984, 2000, 2011).

La Figura 2-42 muestra las tres principales actividades económicas (gran grupo) de los siete distritos para los años 2000 y 2011. En los distritos de Guanacaste se puede observar un aumento entre el año 2000 y el 2011 en el porcentaje de la población que se dedicaba a actividades de ventas locales y prestación de servicios directos, mientras que las ocupaciones no calificadas disminuyen del 2000 al 2011. La producción artesanal aumenta levemente en Sardinal. En Tempate se reduce, mientras que en Cabo Velas prácticamente se mantiene (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2000, 2011).

En los distritos puntarenenses, ocurre lo mismo con las ventas locales y prestación de servicios directos y con las ocupaciones no calificadas que en los distritos guanacastecos,

donde aumentan y disminuyen, respectivamente, del 2000 al 2011. La producción artesanal disminuye en Espíritu Santo y Jacó. En Parrita sufre un leve aumento y en Bahía Ballena sí se aprecia un incremento de un 8% (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2000, 2011).

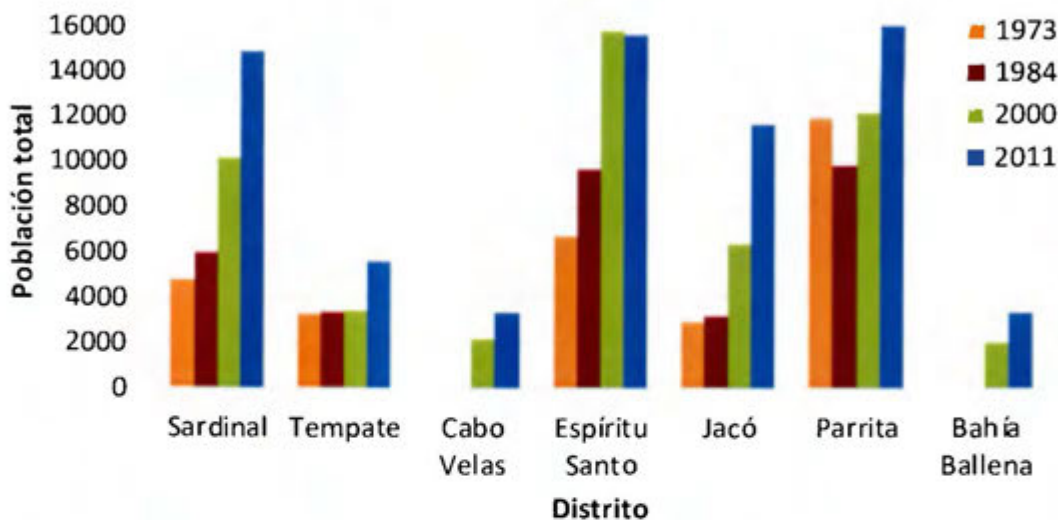


Figura 2-41 Evolución del tamaño de la población entre 1973 y 2011 por distrito donde se ubican las playas en estudio. Fuente: Censo 1973, 1984 y 2000 y 2011, INEC.

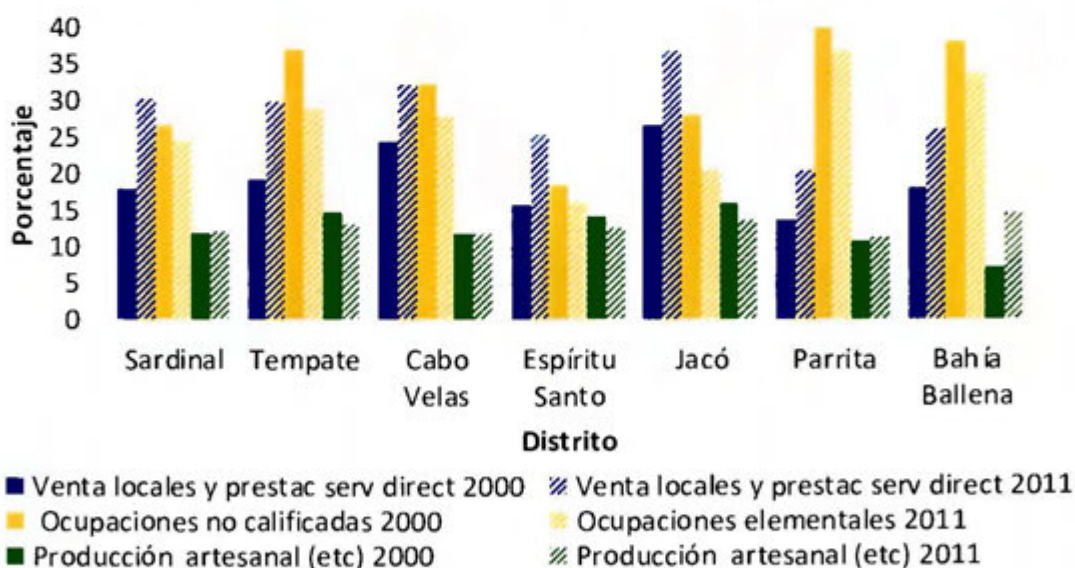


Figura 2-42 Las tres principales actividades económicas por distrito (gran grupo). Fuente: Censo 2000 y 2011, INEC.

En Costa Rica para el año 2016, la relación existente entre el turismo y el Producto Interno Bruto (PIB) era el 6.5%. Esto se traduce en USD \$ 3657.3 millones que ingresaron gracias al potencial turístico del país (Instituto Costarricense de Turismo, 2017). La Figura 2-43 presenta los ingresos en millones de dólares estadounidenses para Costa Rica durante el periodo 2008-2016, y se compara el turismo con las exportaciones de productos nacionales (banano, café, piña y productos farmacéuticos). Del año 2010 al 2016 se aprecia una tendencia positiva en el turismo, mientras que los productos tradicionales se mantiene una tendencia neutra. Se destaca que el ingreso por parte del turismo es mayor que el aporte de los productos nacionales.

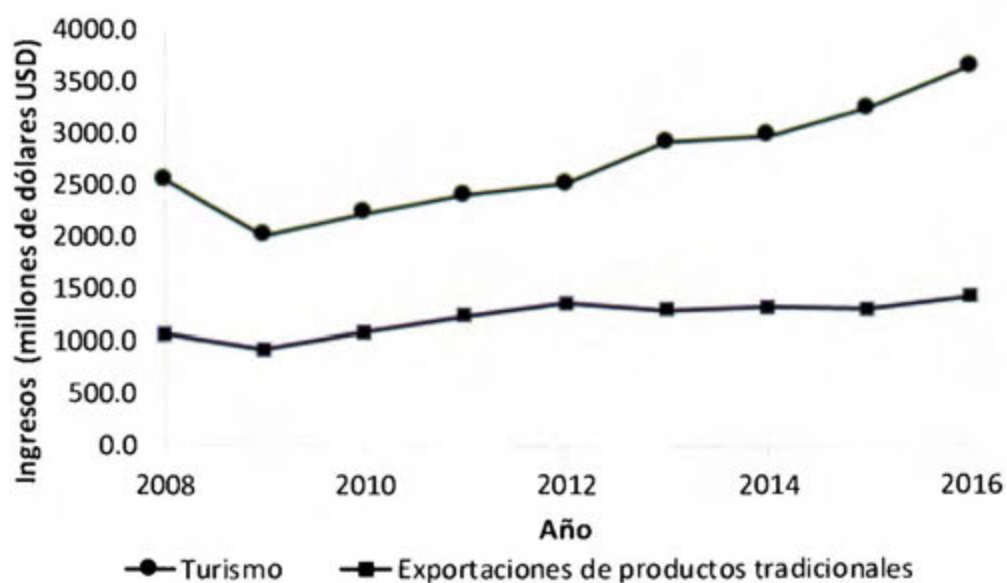


Figura 2-43 Ingresos en millones de dólares (USD) para Costa Rica para el periodo 2008-2016.

Fuente: Instituto Costarricense de Turismo, 2017.

En relación con la ocupación hotelera, el Plan Nacional de Turismo sostenible de Costa Rica 2010-2016 (Instituto Costarricense de Turismo, 2010) indica que los distritos Sardinal, Cabo Velas y Tempate, en la provincia Guanacaste, y Garabito, Quepos y Bahía Ballena, en la provincia Puntarenas, reportaron una ocupación alta (> 10,493 habitaciones). En Parrita,

también en la provincia Puntarenas, reportó una ocupación media (entre 1,263 a 10,492 habitaciones).

Asociado al desarrollo turístico, el sector inmobiliario también reporta un aumento en las provincias costeras del Pacífico que en el lapso de 11 años pasa de 4.2% y 4.7 % a valores del 15.6% y 13.5% en Guanacaste y Puntarenas, respectivamente. Los cantones que sobresalen en obra construida son Santa Cruz, Carrillo y Liberia en Guanacaste y Garabito en Puntarenas (Román, 2007). Esta autora también señala que, en los años 2004, 2005, y 2006 la inversión extranjera inmobiliaria fue de más del 55%, entre Guanacaste y Puntarenas, siendo Guanacaste donde se realizó la mayor inversión (Román, 2007).

Sin embargo, estas inversiones se realizaron bajo limitadas capacidades públicas en control, planificación, identificación y mitigación de los impactos ambientales que podrían provocar (Román, 2007). Entre los daños ambientales se destacan: manejo del agua, movimientos de tierra, cambios de uso del suelo y producción y manejo de desechos sólidos (Román, 2007). El manejo del agua, ya que se ha convertido en un serio problema en Guanacaste (Cantero, 2008).

2.3.8 Indicadores

De acuerdo con el Atlas de Desarrollo Humano Cantonal 2016 (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2016) de los sitios de estudio, el cantón con el mayor Índice de Desarrollo Humano (IDH), de entre los cantones en los que se ubican las playas objeto de esta investigación, Osa ocupa el puesto 21, seguido de Santa Cruz y Esparza en el puesto 31 y 35, respectivamente. Parrita y Garabito, ambos en Puntarenas, ocupan las posiciones más bajas en el cuadro, puesto 45 y 53 (Cuadro 2-13). A pesar que Garabito ha tenido mucha inversión en el sector inmobiliario esa inversión no se ve reflejada en el desarrollo del cantón.

Cuadro 2-13 Índice de Desarrollo Humano (IDH) de los cantones donde se encuentran las playas en estudio.

Playa	Cantón	Provincia	IDH 2014	Posición
Uvita	Osa	Puntarenas	0.803	21
Conchal	Santa Cruz	Guanacaste	0.785	31
Potrero	Santa Cruz	Guanacaste	0.785	31
Caldera	Esparza	Puntarenas	0.771	35
Playas del Coco	Carillo	Guanacaste	0.765	41
Esterillos Oeste	Parrita	Puntarenas	0.756	45
Palo Seco	Parrita	Puntarenas	0.756	45
Jacó	Garabito	Puntarenas	0.747	53

Elaboración propia.

El programa Bandera Azul Ecológica¹ en el año 2017 reconoció a cinco de las ocho playas investigadas por sus esfuerzo en el cuidado y gestión de ese espacio costero: Playa Conchal, Playa Potrero, Playa Caldera, Playa Esterillos Oeste y Playa Uvita (Granados, 2017). Con relación a otros años, cada vez son más las comunidades que se interesan por obtener este galardón, el cual le brinda prestigio y reconocimiento a nivel nacional gracias al esfuerzo voluntario de la comunidad por tener una playa limpia.

2.4 Discusión

Las playas analizadas en el Pacífico tienen en común el material geológico que las conforma, los depósitos del cuaternario (Q). Este material ha sido aportado inicialmente por la dinámica fluvial y litoral, posteriormente la acción antrópica ha jugado un papel importante en el aporte de sedimentos (Brenes, 2013). Estos depósitos son diferentes entre sí por las fuerzas a las que son sometidos, lo que hace que las curvas granulométricas sean únicas para cada lugar y el momento, pero siempre conservando un mismo patrón ya sea

¹ <http://banderaazulecolologica.org/>

las que fueron recolectadas en la zona intermareal y las que fueron recolectadas en la playa seca. Las primeras tienen mayor porcentaje de arenas finas, mientras que en las muestras de playa seca dominan las arenas un poco más gruesas.

Las playas expuestas a mar abierto, presentaron arenas finas más que las que se ubican dentro de bahía semicerradas. Por tanto, al tener partículas tan finas presentan menos resistencia al transporte ocasionando que la erosión en las playas expuestas a mar abierto sea más fácil.

La biodiversidad de las playas va a depender de las condiciones del ecosistema. Si es un sitio que ha sufrido la acción directa del oleaje, esta estará afectada en el sistema radicular, mientras que si es una zona donde el mar ya no llega, se inicia un proceso de colonización y sucesión vegetal.

Además, las playas como ecosistema son importantes como sitio de alimentación para las aves marinas, quienes comen del sustrato durante la marea baja al exponer a organismos de meiofauna (Corrales-Ugalde & Sibaja-Cordero, 2015; Sibaja-Cordero *et al.*, 2014).

Las playas son lugares muy dinámicos en donde se pueden encontrar tres condiciones: erosión, sedimentación o en equilibrio dinámico. Para evaluar la condición de la playa se utilizó un perfil de equilibrio teórico (Dean, 1991). En el caso de las playas en estudio predominó la erosión, excepto Playa Jacó en el costado norte que ha experimentado el aporte de sedimentos de la cuenca alta, producto del proceso de urbanización que se ha generado en las colinas cercanas (Brenes, 2013). Las figuras que muestran los perfiles levantados en campo con el perfil teórico de equilibrio (Figura 2-26 a la Figura 2-40), son indicadores del proceso de erosión que está ocurriendo en el Pacífico ya que demuestran que las playas están fuera de equilibrio al estar el perfil de la playa por debajo de la línea teórica. Este proceso se intensificó luego de la marea astronómica alta del 30 de setiembre del 2016 de 350 cm de altura (Pugh, 2004) para Puntarenas, cuando el promedio es de 140 cm (Lizano, 2006).

El estudio de la evolución de la línea de playa en Costa Rica ha sido desarrollado por Cárdenes & Obando (2005), Ortiz (2008) y Lizano (2013), quienes demuestran cómo se ha

modificado la costa, en todos los casos presentando pérdidas del terreno. En todos los sitios de estudio (Figura 2-8 a la Figura 2-15) se observa como la línea de playa ha sido dinámica en los últimos 74 años. El material geológico parental al ser no consolidado, implica que es de fácil movilidad por la acción de agentes climáticos, oceanográficos y antrópicos (Bird, 2008). Hay periodos donde se observan que la playa se ha rellenado por el efecto de la sedimentación, mientras que en otros años esta ha sido erosionada.

En Playas del Coco, la playa ha estado propensa a erosionarse en el sector norte de la bahía, mientras que en el sector suroeste la tendencia es de acumulación, esto obedece a que el sector norte recibe mayor energía del oleaje proveniente de la sureste, la cual produce un transporte de sedimentos (Lizano, 2007). A través de las fotografías aéreas, se puede comprobar el aumento de la presencia humana la cual genera presión sobre el sistema de playa. Actualmente, en la zona pública se ha construido un bulevar para el disfrute de los turistas que visitan la zona. Todo el desarrollo de infraestructura compromete la dinámica fluvial y costera en la zona, porque limita la acción natural del ecosistema.

En Playa Potrero, la erosión se ha incrementado en el sector norte de la bahía, mientras que hacia el lado suroeste por la construcción de una carretera y una marina "Flamingo Resort", la erosión se ha mitigado a través del emplazamiento de material lítico de gran tamaño para contrarrestar la acción del oleaje. En esta bahía existen hoteles dentro de la zona pública, en donde se observan las marcas de la marea alta en la tapia frontal y la implementación de medidas contra la erosión de la arena.

Playa Conchal ha sido transformada por acción natural y del ser humano. Según relatos orales, la zona era de gran belleza escénica cubierta de grandes conchas que poco a poco los visitantes han ido extrayendo (González & Vilaboa, 2010). Esta actividad recreativa al realizarse de manera colectiva y excesiva, es perjudicial para el sistema por la pérdida del material parental de la playa y limitando el sedimento nuevo (Vargas, 2010).

En Playa Caldera, Guell-Vargas *et al.* (2000) demostraron cómo ha ido cambiando la configuración de la playa y el estero de Mata Limón desde 1972 al 2000. La acción del ser humano con la construcción de la carretera Costanera Sur (actualmente Ruta 27 "José María

Castro Madriz”) y el Puerto de Caldera ha modificado los procesos hidrogeomorfológicos de transporte y sedimentación por lo que se ha generado una nueva dinámica de los sedimentos adaptándose a su nuevo entorno. La arena ha comenzado a acumularse hacia el sur de la bahía y dejando al descubierto la zona norte, donde actualmente son zonas de gran erosión (Figura 2-11).

En Playa Jacó, la dinámica de la playa se ha visto afectada por la acción antrópica. Con la construcción de la Costanera Sur, se inició un proceso de cambio en el uso de la tierra en Jacó, abriendo el espacio al desarrollo turístico e inmobiliario (Chen, 2014). Esto conllevó a una modificación en el paisaje y a repercusiones en el sistema fluvial que acarrió mayor cantidad de sedimentos que finalmente llegan a la playa. Posterior a la crisis de desarrollo inmobiliario entre el 2009 y el 2011, el cantón Garabito apostó nuevamente a la inversión de construcción de condominios y residenciales (Brenes, 2013), donde muchas de estas inversiones se han desarrollado en zonas de montaña cercanas. Todo este movimiento de tierra es fácil de observar en las quebradas, donde el sedimento rojizo e irregular abunda al igual que en la playa. Este aporte nuevo de sedimentos contribuye con la estabilidad de la playa de Jacó. Hacia el sector norte se puede observar una gran acumulación de arenas, mientras que en el sector sur la acumulación es menor (Figura 2-12).

Playa Esterillos Oeste se ha visto sometida al fuerte oleaje que genera problemas. En ciertos sectores se ha rellenado la zona para evitar que la marea llegue a la calle y casas. A pesar de estas acciones, hay casas de habitación y una escuela afectada por la erosión (Jiménez, 2016). Además, existe un problema de mal manejo de las aguas servidas y llovidas que son expulsadas a la intemperie, a través de tubos de concreto en la playa sin ningún tipo de manejo. Además, entre la dinámica fluvial y litoral, se ha producido un crecimiento de la flecha litoral (Figura 2-13).

En Playa Palo Seco, Ortiz (2008) señala una ampliación y debilitamiento de la barrera, al igual que en la Figura 2-14, se observa cómo la flecha litoral ha ido aumentando hacia el este progresivamente y se ha ido adelgazando. Lizano & Salas (2001) señalan que, por las mareas astronómicas más altas, el aumento en el nivel del mar provocado por el ENOS-fase cálida y el calentamiento global, la erosión se intensifica en las zonas del Pacífico Central.

En Playa Uvita, la erosión ha afectado el atractivo turístico de la “cola de la ballena”, que posterior al terremoto de Japón de marzo 2011 se erosionó a pesar que la altura de la ola del tsunami fue de 18 cm medida en Quepos (Fernández, 2011). En el sector este de la playa, la erosión es muy agresiva donde árboles de gran tamaño han sido seriamente afectados en el sistema radicular hasta ser tumbados en la playa (Figura 2-15).

Por otra parte, el aumento de la población es una constante en los siete distritos, con la salvedad que Cabo Velas y Bahía Ballena no existían para los censos de 1973 y 1984. En el caso de Sardinal el aumento es paulatino de 1973 a 1984, sin embargo, para el 2000 el crecimiento de la población es significativo. Lo mismo ocurre para el 2011. Brenes (2009) señala que el cambio demográfico en Costa Rica en los últimos 30 años ha sido rápido y de importante magnitud. El crecimiento natural (tasas de mortalidad, el aumento de la esperanza de vida al nacer y la disminución de las tasas de fecundidad) se han mantenido estables. Sin embargo, las migraciones internas e internacionales son ingredientes importantes en los cambios de población. Costa Rica se convirtió en uno de los receptores más importantes de migrantes a nivel latinoamericano (Brenes, 2009).

En cuanto a las actividades económicas que se desarrollan en las playas, desde 1980 Costa Rica le apostó al “turismo ecológico pionero”, el cual buscaba la aventura, zonas vírgenes, en donde el lujo y confort estaban en un segundo plano. Hace poco más de 10 años Costa Rica se promociona como un destino *sin ingredientes artificiales*, donde se trata de promover la actividad turística con más comodidades, pero siempre en contacto con la naturaleza y la cultura (Estado de la Nación, 2007; Chen, 2014).

Es por ello que muchas comunidades en las zonas costeras han orientado sus actividades económicas al turismo desplazando a actividades primarias como la pesca, la agricultura y la ganadería (Figura 2-42). Prueba de ello es la habilitación del aeropuerto Internacional Daniel Oduber en Liberia, que brinda un acceso más directo a las playas en Guanacaste y el Polo Turístico Golfo de Papagayo (PTGP) que fue concebido como una oportunidad de desarrollo para promover el turismo de *resorts* costeros al estilo europeo (Honey *et al.*, 2010; Chen, 2014) o enclave costero (Cordero & Van Duynen, 2002).

Datos del ICT evidencian que el 77% de los turistas que visitaron el país en el periodo 2006-2010 realizaron actividades de sol y playa. Para complementar esta información, el mapa de distribución de los pisos de demanda por distritos mostró que la mayoría de los distritos costeros poseen una ocupación media y alta (Instituto Costarricense de Turismo, 2010). Esto quiere decir que los turistas afirman haber visitado esos lugares en busca de una mezcla de actividades relacionadas con la costa, siempre en el marco de la naturaleza (sol y playa, buceo, buceo con tubo de respiración, pesca, surfear). Además, para los periodos 2010-2014 y 2014-2015, el 69.2% y el 71% de los turistas (respectivamente) que ingresaron al país realizaron actividades de sol y playa (Chen, 2014; Instituto Costarricense de Turismo, 2015a, 2015b, 2017).

En Playas del Coco se ha desarrollado un turismo históricamente espontáneo y poco ordenado donde grandes corporaciones de inversionistas locales y extranjeros han gestionado grandes complejos hoteleros y negocios de bienes raíces. Se han realizado esfuerzos para la construcción de infraestructura para el disfrute de los turistas, prueba de ello es el diseño paisajístico que incluye zonas de canchas, senderos, áreas de descanso y la siembra de vegetación para embellecer el lugar (Herrera *et al.*, 2010). Todo este desarrollo no se ha visto trasladado en mejoras a la población ya que no promueven procesos de encadenamiento económico y existe una concentración espacial de polos económicos (Solano, 2011; Chen, 2014). Es por ello que continua la pobreza y la pobreza extrema en esta zona con datos muy por encima de los niveles nacionales (Arias *et al.*, 2011). Sin embargo, en los últimos años la pobreza disminuyó un 9% en la región Chorotega de acuerdo con la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHOG) (INEC, 2016).

En Playa Conchal, en la década de 1970 los terrenos fueron vendidos a un estadounidense con miras al sector turismo, estos sitios no eran atractivos para el costarricense ya que no eran aptos para la agricultura o ganadería. Posterior a esa venta, la zona empieza a cambiar enfocada en el turismo (González & Vilaboa, 2010).

Playa Potrero era una zona dedicada a la ganadería, que al igual que en zonas aledañas los terrenos fueron vendidos a extranjeros al no ver un gran porvenir en ese momento, transformando la zona hacia el desarrollo turístico (González & Vilaboa, 2010).

El incremento en la población y el desarrollo de la actividad turística está ejerciendo presión sobre el espacio costero y sobre la biodiversidad que ahí se encuentra. Por ejemplo, el Manglar de Mata Limón se encuentra deforestado y sobre saturado de sedimentos (Guell-Vargas *et al.*, 2000).

En Playa Jacó, por el proceso de desarrollo turístico e inmobiliario, es uno de los centros de mayor captación turística. Ha sido la sede un mundial de Surf en el año 2016, ya que cuenta con buena infraestructura vial y hotelera (Villareal, 2016). A pesar de ser un impulsador de la economía, causa un daño mecánico a la playa.

En Playa Esterillos Oeste y en Playa Palo Seco se pueden encontrar lugares de hospedaje y alojamiento, que en algunos casos sufren por problemas de erosión (Jiménez, 2016). Han debido implementar medidas de mitigación, como por ejemplo colocar sacos de arena o diques construidos con grandes rocas para que no se lleve la arena de la playa. Son playas que no cuentan con gran desarrollo inmobiliario, pero sí se aprecian infraestructura turística.

Playa Uvita, se encuentra dentro del Parque Nacional Marino Ballena. Antes de su constitución era una zona de pescadores, por lo que la creación del área protegida ha significado conflictos entre el gobierno y los locales. Los locales reconocen que el turismo es una fuente de ingreso para aquellas familias que han podido adquirir el equipo a través de un préstamo. Sin embargo, la principal atracción de este parque es en la temporada de ballenas, que ocurre en el mes de agosto (ICSF & CoopeSoliDar, 2012). En esta zona, el mar poco a poco ha ido ganando terreno hacia el continente. Desde la administración del Parque, reconocen que han tenido que intervenir colocando rocas para proteger la zona de acceso del Parque y algunos senderos que han sido borrados por el mar (P. Porras, comunicación personal, 10 agosto 2015).

De los resultados del IDH, se puede concluir que el desarrollo inmobiliario y turístico no evidencian una relación directa con la calidad de vida de las comunidades costeras. Por ejemplo, de esto es que Jacó posee el valor más bajo de la tabla, a pesar de sobresalir en aspectos económicos; mientras que Uvita tiene una mejor posición.

A pesar de toda la degradación ambiental que están sufriendo las playas, existen esfuerzos y voluntad comunitaria por la recuperación y la protección de estos espacios, por ejemplo, a través de la certificación de Bandera Azul Ecológica, que en el caso de las playas promueve la organización de comités locales que involucren la participación activa de líderes de la sociedad civil (empresarios, hoteleros, cámaras locales de turismo, asociaciones de desarrollo, representantes de iglesias, operadores de acueductos rurales y otros), con el afán de desarrollar sus zonas en concordancia con la protección de las playas.

Este galardón creado en Costa Rica en 1995 busca minimizar los impactos causados por la contaminación en las playas y el impacto en la salud pública (Honey *et al.*, 2010; Bandera Azul Ecológica, 2017). Cinco de las ocho playas en estudio recibieron este reconocimiento en el año 2017 (Granados, 2017).

2.5 Conclusiones

Las playas son sitios muy dinámicos por los factores atmosféricos, oceanográficos, geomorfológicos y sociales; los cuales se analizarán en el siguiente capítulo. Todos los análisis de cambios en la línea de costa reflejan esa dinámica, en un periodo retrocede hacia el continente, pero también avanza hacia el mar. Las playas que han sido intervenidas con marina y/o, Playa Caldera y Playa Potrero, han incrementado la erosión en zonas específicas y al no haber una adecuada disposición de los sedimentos, estos continúan acumulándose en áreas que donde las corrientes litorales no los transportan hacia donde existe el faltante material.

Siete de las ocho playas presentan perfiles de playa en desequilibrio por erosión, situación que se incrementa posterior a un evento oceanográfico inusual como una marea astronómica extraordinaria o un fuerte oleaje de marejada de fondo.

El gran agente modificador del espacio terrestre en las playas ha sido el ser humano a través del turismo, ya sea local, de enclave y/o de conservación. Esta actividad económica ha sido impulsada desde la política pública costarricense cuando le apostó al turismo como la promesa para el desarrollo económico, pero esto no se ve reflejado en las poblaciones locales, donde comunidades pesqueras han sido trasladadas con la promesa de una vida

mejor, pero solo ha generado conflicto entre los vecinos y con su propio medio de vida, tal es el caso de la comunidad de Dominicalito en el Pacífico Central (CoopeSoliDar, 2015).

Las playas en Costa Rica tienen gran importancia física, biológica, social, económica y turística. Son lugares con gran belleza escénica que atraen a muchos visitantes a lo largo del año. En Costa Rica el turismo de sol y playa se ha posicionado como uno de los mayores aportes de ingresos económicos al país, es decir parte de la economía costarricense se ha centrado en promover este tipo de turismo, desplazando a la exportación de los productos tradicionales como el café, banano y piña. Esta situación ha provocado una presión grande en nuestras playas tanto en la parte social como en lo físico del ecosistema.

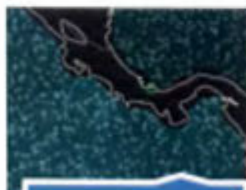
El desarrollo de infraestructura con fines turísticos ha dejado una gran huella en el paisaje, los ecosistemas y las poblaciones. La construcción de carreteras, puertos, marinas, sistema eléctrico, acueductos y alcantarillados implican modificaciones, cambios que tiene repercusiones en otros ámbitos. Por ejemplo, la construcción de una carretera, un dique y un puente, puede brindar beneficios para los usuarios, sin embargo, cambia toda la dinámica de un estero, produciendo desequilibrios en la distribución de sedimentos, como ocurre en el estero de Mata Limón (Guell-Vargas *et al.*, 2000).

Las inversiones no se han visto reflejadas en los indicadores sociales de las comunidades costeras. Playas del Coco, presenta un crecimiento de la población, pero también un bajo IDH cantonal. Jacó se ha visto beneficiado por el turismo de playa, pero con muchas consecuencias negativas para el ser humano como las drogas y la prostitución.

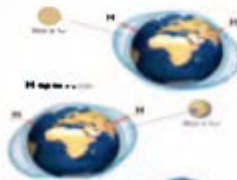
Sitios con gran belleza natural han sido transformados sin una visión de gestión adecuada en temas de ordenamiento territorial, participación ciudadana y gobernanza, salubridad, ingeniería costera (de ser necesaria). Por la falta de esta gestión es que se vuelve más difícil combatir o prevenir los problemas que aquejan a la zona de playa, entre ellos la erosión costera.

Este análisis representa de forma general las condiciones que se pueden encontrar en las playas de Costa Rica, pero siempre se debe tener en cuenta que cada sitio es único y con un contexto particular.

3 Capítulo: Causas de la erosión costera



Oleaje



Mareas



Nivel del mar



Viento



Tectónica de placas



Calentamiento global



Acción Antropogénica

3.1 Introducción

La línea de costa como se conoce actualmente es el proceso de muchos cambios geológicos, climáticos y oceanográficos que se han desarrollado en miles de años. Hace 80,000 años el nivel del mar a nivel mundial estaba un poco por encima del nivel actual, y comenzó a descender en la última glaciación conocida como Wisconsin en América. Se estima que hace 60,000 años el nivel descendió más de 100 m con respecto del nivel actual. Hace 18,000 años aún estaba frío por lo que el nivel del mar llegó a descender hasta 140 m del nivel actual. Posterior a esto inició la transgresión marina del Holoceno, por lo que la altura del mar empezó a subir. Hace 6,000 años, el nivel del mar se estableció como se conoce hoy en día. Hay estudios que sugieren oscilaciones del nivel del mar, pero no ha podido ser probado, por lo que dichas manifestaciones se conciben como errores estadísticos (Bird, 2008).

Las playas al estar conformadas por material no consolidado se ven afectadas por la erosión costera, que se define como la serie de procesos y sus consecuencias que determinan el desprendimiento de materiales de los suelos y macizos rocosos por medio de los agentes geológicos, climáticos o antrópicos (Mora & Valverde, 2005). Es decir, son un conjunto de procesos donde el material se desintegra, disuelve o es removido de su lugar original a otro (Denyer & Cárdenas, 2000).

Por tanto, la erosión en las playas puede ser ocasionada por diversas causas: tectónica, atmosférica, oceanográfica o antropogénica; ella produce cambios con repercusión directa o indirecta sobre la población humana que habita, trabaja o visita la costa por cortos periodos de tiempo.

El nivel del mar o nivel de base absoluto es el nivel que se utiliza como referencia para indicar la altitud de los accidentes geográficos. El nivel del mar es dinámico debido a varias razones como el deshielo o congelamiento de los casquetes polares, movimientos tectónicos, entre otros. Es por esto que se acostumbra a llamar "nivel relativo del mar". Se puede dar a distintas escalas temporales (día, años, siglos) y espaciales (local, global) (Pugh, 2004). Cualquier cambio en el nivel base implica un ajuste en todas las demás corrientes de

agua, así como en el modelado litoral. Es un proceso gradual que puede pasar desapercibido y que contribuye con la erosión de la línea de costa (Tarbuck & Lutgens, 2005).

Según *Fifth Assessment Report 5 (AR5)* del IPCC, las proyecciones del nivel del mar global para el periodo 2081-2100 indican hasta un incremento entre 0.52m a 0.98m. Además, después del año 2100 el nivel del mar seguiría aumentando por la expansión térmica del océano por varios siglos, que dependerá de las emisiones futuras (Panel Intergubernamental para el Cambio Climático, 2013).

Si bien es cierto que los cambios como el descongelamiento de los casquetes polares y el aumento en el nivel del mar, pueden ser provocados por variables naturales, ningún modelo matemático explica los cambios sin incluir el forzante antropogénico; al contrario, cuando se incluye la influencia humana, el resultado de la temperatura es consistente con lo observado (The Royal Society & US National Academy of Science, 2014). Oreskes (2004) señala que la opinión científica consensúa que todo este calentamiento global es provocado por la influencia de las actividades humanas.

Otro elemento que afecta el nivel relativo del mar es la tectónica de placas. La costa Pacífica de Costa Rica forma parte del Cinturón de Fuego del Pacífico (Tarbuck & Lutgens, 2005), por ende, se encuentra sobre un borde activo de placas, donde la placa Cocos (corteza oceánica) se subduce bajo la placa Caribe (corteza continental) (Denyer & Cárdenes, 2000; Montero, 2000; Mora & Valverde, 2005; Protti *et al.*, 2013).

Los movimientos telúricos pueden provocar el levantamiento o hundimiento de la línea de costa, en donde el nivel del mar cambia de nivel de referencia. Por ejemplo: (1) terremoto de Limón el 22 de abril de 1991, donde la línea de costa se levantó 0.5m y 1.0m, sin embargo, hay lugares donde se habla hasta de un 1.85m (Denyer *et al.*, 1994; Denyer & Cárdenes, 2000); (2) terremoto en Península de Nicoya, sector de Sámara (Pacífico Norte) el cinco de setiembre del 2012 provocó un levantamiento de ~1m (Linkimer *et al.*, 2013). Estos movimientos pueden formar costas de emersión (la parte continental se levanta) o costas de inmersión (la zona continental se hunde) (Tarbuck & Lutgens, 2005).

Las mareas, también afectan el nivel del mar y, por ende, la dinámica costera. Es el movimiento del océano causado por la atracción gravitacional entre el planeta Tierra, la

luna y el sol (Bird, 2008; Knauss, 1978). Es el cambio de elevación en la superficie del océano, una característica muy fácil de observar (Tarbuck & Lutgens, 2005). Para el caso del Pacífico costarricense la marea es del tipo semi-diurna, es decir, aproximadamente cada 12 horas se presenta una marea alta o una marea baja, y su ámbito promedio es de 2.28m entre bajamares y pleamares con un máximo de 3.29m con referencia a Puntarenas Centro. Además, la marea promedio es de 1.40m (Lizano, 2006).

La Temperatura Superficial del Mar (TSM) es la temperatura en la superficie del océano. Temperaturas altas (bajas) provocan la expansión de las masas de agua, produciendo un aumento (descenso) relativo en el nivel del mar. Es decir, la temperatura puede cambiar el volumen del océano (Bird, 2008). Además, una alta TSM facilita el desarrollo de tormentas tropicales (Schwartz, 2005), las cuales producen oleajes y vientos fuertes que afectan la zona costera.

El viento, que es el movimiento de una masa de aire generado por el gradiente de presión que existe entre dos lugares, el cual traslada el viento de la mayor presión hacia la menor presión (Cuadrat & Pita, 1997). Por tanto, entre mayor sea el gradiente, mayor será la velocidad con que se desplace la masa de aire, ocasionando rugosidad en el océano, es decir el oleaje. Esta interacción corresponde únicamente a la capa superficial del océano y es donde se provocan algunas de las corrientes marinas (Stewart, 2005).

El oleaje se define como las ondulaciones en el agua producidas por el viento, que transmite energía de la atmósfera al océano produciendo un movimiento oscilatorio, que al llegar a la costa descarga la energía contra el continente (Denyer & Cárdenes, 2000; Lizano, 2007; (Bird, 2008). Según la batimetría de la costa así se va a comportar el oleaje produciendo refracción, mecanismo por el cual el tren de olas tiende a acomodarse paralelamente a la línea de costa (Pickard & Emery, 1982). En algunos casos, producto de la refracción, el oleaje sufre divergencia (pierde altura) cuando ingresa en un espacio cerrado como una bahía o una ensenada; o convergencia (gana altura) cuando se encuentra en una saliente de la costa que se proyecta mar adentro (Knauss, 1978). El oleaje es el principal agente modelador de la zona costera, es la mayor fuerza de transporte de sedimentos (Denyer & Cárdenes, 2000). Al oleaje se le mide la altura significativa de la ola (H_s o $H_{1/3}$),

que es el promedio de la tercera parte más alta de un registro de olas, el periodo pico de la ola (T_p) y la dirección, respecto al norte, de la ola hacia donde van (convención oceanográfica; Lizano, 2007).

Las corrientes oceánicas son un flujo de agua dentro del mismo océano, que están controladas por cambios en la densidad (temperatura y salinidad del agua), o por el viento, descarga de ríos o por la rotura de las mismas olas (Pickard & Emery, 1982). Paralela a la costa fluye la deriva litoral que transporta material a lo largo de la playa, quien moviliza lateralmente o mar adentro, a los sedimentos (Denyer & Cárdenas, 2000).

La presencia del ser humano en las costas ha venido a modificar el paisaje, la dinámica costera y hasta la salud de los ecosistemas y sus servicios ecosistémicos. Un ejemplo de esto lo ejemplifica el estudio de Guell-Vargas *et al.* (2000), quienes determinaron que la construcción del Puerto de Caldera y la carretera Costanera Sur modificaron las corrientes litorales, lo que generó un cambio en el sistema.

El objetivo de este capítulo es establecer las causas de la erosión costera en las playas seleccionadas en el Pacífico de Costa Rica.

3.2 Materiales y métodos

Para establecer las causas de la erosión se analizaron las series de datos de oleaje, TSM y nivel del mar para identificar la tendencia a lo largo del tiempo. A las series se les evaluó la tendencia estadísticamente con la prueba T de Student para identificar si la serie es robusta o no estadísticamente, así como su nivel de significancia (Blank, 1980).

Para los datos de oleaje se utilizaron el periodo de la ola (s), la altura significativa de la ola (m) y del viento la velocidad (m/s), de los diagnósticos de oleaje realizado por el modelo numérico WaveWachth III². Se utilizaron dos puntos de referencia, en el Pacífico Norte: 86.3° Oeste y 10° Norte frente al Refugio de Vida Silvestre Ostional (65km al oeste) y en el Pacífico Central 84.5° Oeste y 9.5° Norte aproximadamente frente al Refugio de Vida

² <http://apdrc.soest.hawaii.edu/data/data.php>

Silvestre Playa Hermosa. Este modelo tiene una cobertura prácticamente global desde 0° – 358.75° Este y 78° Sur a 78° Norte, con resolución espacial de 1.25° en longitud y 1° en latitud y temporal de cada tres horas (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 y 21). La serie inicia el 30 de enero de 1997 al 31 de julio del 2015, para un periodo de 15 años y seis meses de datos (NOAA, 2017). Estos datos se analizaron por día, es decir promediando los datos de las horas para el mismo día.

La temperatura superficial del mar se obtuvo de Reynolds y Smith³, una serie de datos reconstruidas de la temperatura superficial del mar (Smith *et al.*, 2008), desde enero de 1854 hasta agosto del 2014. Las coordenadas utilizadas son Pacífico Norte 86° Oeste y 10° Norte y en el Pacífico Central 84° Oeste y 8° Norte.

El nivel del mar se extrajo de la base de datos del Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL)⁴. Se analizaron los datos de seis estaciones mareográficas, de las cuales solamente Puntarenas y Balboa poseen datos significativos, ya que las demás son muy cortas o poseen huecos de información. El Cuadro 3-1 detalla la información de las estaciones disponibles en el Pacífico de Costa Rica y en negrita las utilizadas en este estudio (Puntarenas y Balboa), el código internacional de la estación (ID), el nombre, las coordenadas geográficas (longitud y latitud), el inicio y fin de la toma de datos; y el periodo en años.

Para el componente tectónico, se identificaron los estudios donde se demuestra que la zona costera sufrió una alteración, ya sea hundimiento o levantamiento. Por ejemplo, Linkimer *et al.* (2013) y Protti *et al.* (2013) hacen referencia a lo ocurrido en el terremoto de Nicoya y Denyer & Cárdenes (2000), Montero (2000) y Mora & Valverde (2005), sobre la dinámica de Costa Rica.

Además, se señaló la intervención antrópica con ayuda de la visita de campo (Anexo 1) y las fotografías de cámara personal.

³ <http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/.NCDC/.ERSST/.version3b/.sst/>

⁴ <http://www.psmsl.org>

Cuadro 3-1 Estaciones mareográficas utilizadas para analizar la tendencia.

ID	Nombre	Longitud	Latitud	Inicio	Final	Periodo (años)
464	Puntarenas	-84.83333	9.96667	1941	1966	25
844	Quepos	-84.166667	9.4	1957	1970	13
2189	Quepos B	-84.1716667	9.425	2009	2012	3
668	Puerto Armuelles	-82.866667	8.266667	1951	1968	17
1571	Puerto Armuelles B	-82.866667	8.266667	1983	2001	18
163	Balboa	-79.566667	8.966667	1908	2014	106

Fuente: Permanent Service for Mean Sea Level, <http://www.psmsl.org/data/obtaining/map.html>

3.3 Resultados: Agentes modificadores de las playas

3.3.1 Atmosférico

3.3.1.1 Viento

La velocidad del viento en el Pacífico Norte (PN) tiene una tendencia negativa es decir que disminuye en el tiempo (Figura 3-1), con un valor medio de $4.63 \pm 2.66 \text{ m/s}$; con valor mínimo de 0 m/s y valor máximo de 16.39 m/s . La moda es de 2.58 m/s , y el valor central de la serie de datos (P50) es de 4.18 m/s .

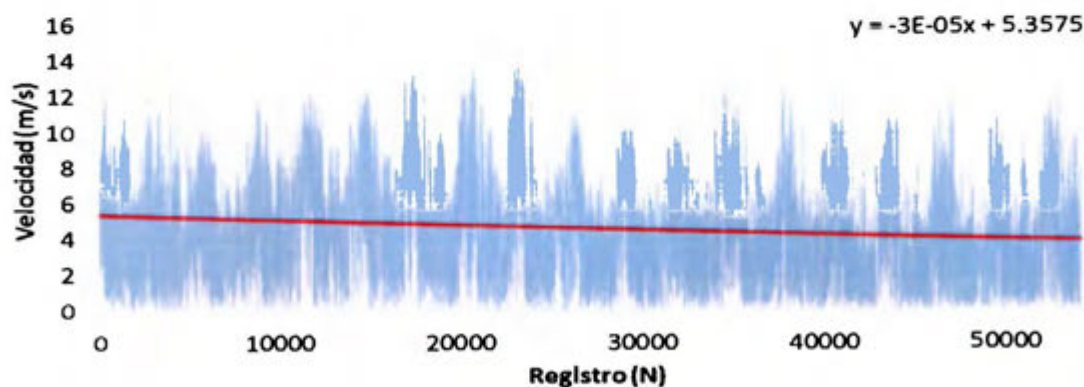


Figura 3-1 Velocidad del viento (ms^{-1}) en el Pacífico Norte del 30 de enero de 1997 al 31 de julio del 2015.

La velocidad del viento en el Pacífico Central (PC) tiene una tendencia negativa (Figura 3-2), con un valor medio de $3.43 \pm 1.73 \text{ m/s}$; con valor mínimo de 0 m/s y valor máximo de 12.95 m/s . La moda es de 1.55 m/s , y el valor central de la serie de datos (P50) es de 3.27 m/s .

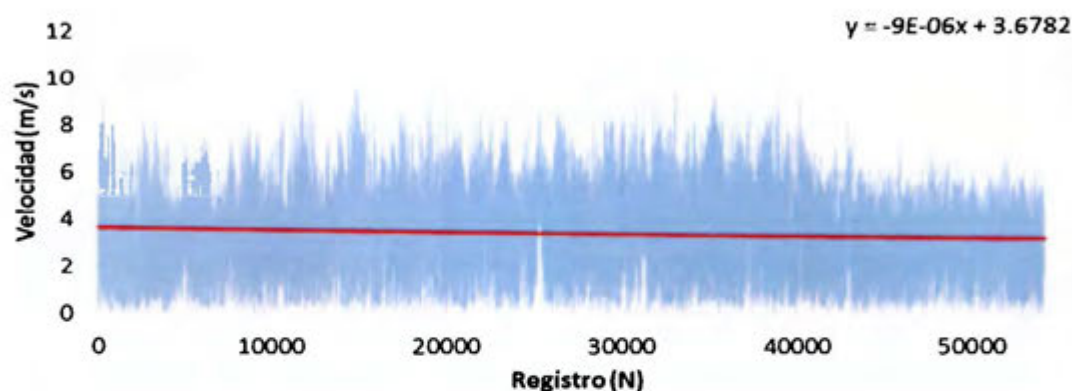


Figura 3-2 Velocidad del viento (ms^{-1}) en el Pacífico Central del 30 de enero de 1997 al 31 de julio del 2015.

El Cuadro 3-2 resume los datos estadísticos de la velocidad del viento, donde la pendiente (m) para ambos casos es negativa y no es significativo, ya que para la cantidad de datos (n), t debería ser mayor a 1.96.

Cuadro 3-2 Datos estadísticos de la velocidad del viento.

Región	N	m (pendiente)	b	t
Pacífico Norte	54054	-0.000030872	5.35750254	-0.374158
Pacífico Central	54056	-0.000090260	3.67822212	-0.194888

* Significativa al 95% (t)

N= Cantidad de datos utilizados.

b= Intersección con el eje y.

t= T-student.

3.3.2 Oceanográfico

3.3.2.1 Oleaje

En el Pacífico Norte, la altura significativa de la ola (H_s) tiene una tendencia positiva pero no es significativa (Figura 3-3a; Cuadro 3-3). El promedio es de 1.47 ± 0.33 m, el mínimo de 0.01m y el máximo de 3.38 m. El P50 corresponde a 1.44 m, valor muy cercano al promedio y el valor que más se repite es de 1.36 m de altura.

En el caso del periodo de la ola (t_p), la tendencia es positiva y es significativa (Figura 3-3b), con un valor medio de 12.03 ± 3.48 s; con valor mínimo de 1.09 s y valor máximo de 23.97 s La moda es de 15.63 segundos, y el valor central de la serie de datos (P50) es de 13.03 segundos.

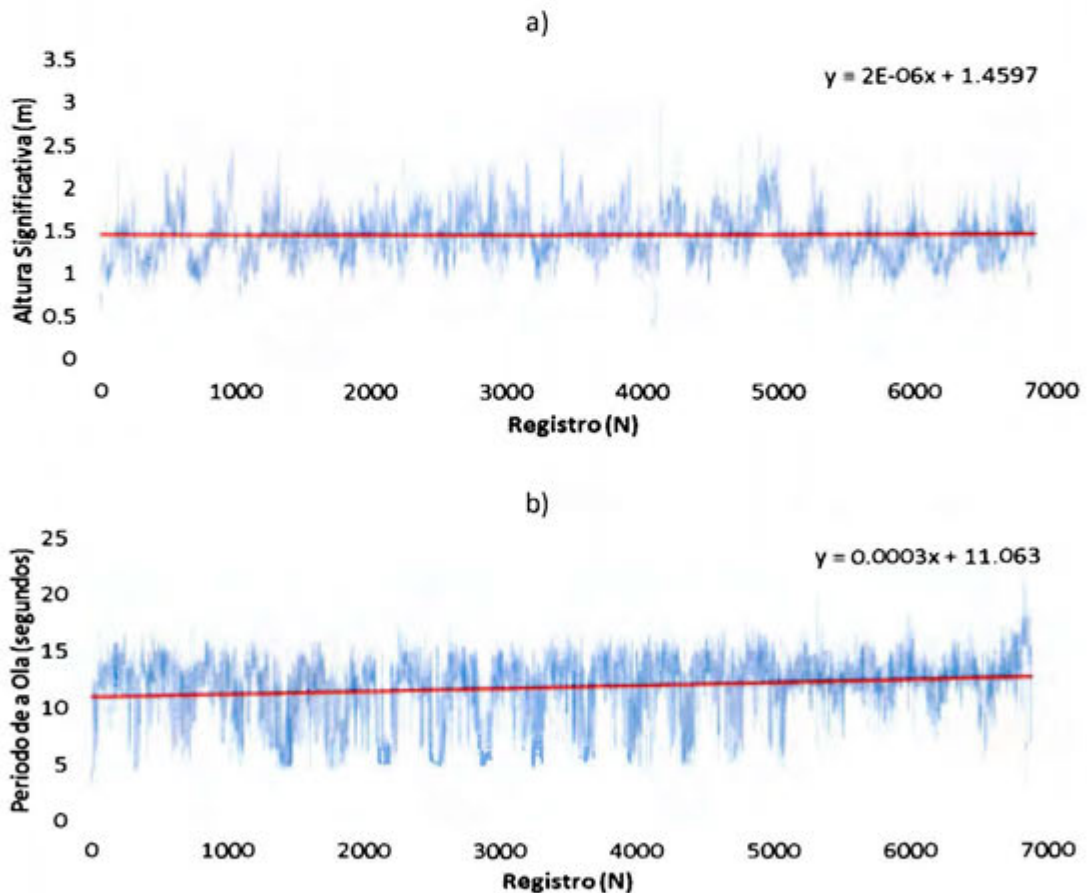


Figura 3-3 Comportamiento del oleaje para el Pacífico Norte del 30 de enero de 1997 al 31 de julio del 2015. a) altura significativa del oleaje y b) periodo de la ola.

El Cuadro 3-3 muestra la cantidad de datos utilizados (N). La línea de tendencia para H_s y el t_p es positiva (m). Sin embargo, únicamente el periodo de la ola es significativo al 95%, ya que el valor de t es mayor a 1.96 al ser una cantidad de alta de datos (∞).

Para el Pacífico Central (PC), la altura significativa de la ola tiene un promedio de 1.37 ± 0.36 m, el mínimo de 0.016 m y el máximo de 3.18 m. El P50 corresponde a 1.33 m, valor cercano al promedio y el valor que más se repite de es de 1.02 m de altura. Existe una tendencia positiva y estadísticamente robusta (Figura 3-4a)(Blank, 1980).

Cuadro 3-3 Datos estadísticos del oleaje en el Pacífico Norte.

Variable	N	m (pendiente)	b	t
H_s (m)	6885	0.0000002478	1.4596539735	0.8496984323
T_p (seg)	6885	0.000364768	11.063228512	14.320170631*

* Significativa al 95%

H_s (m)=	Altura significativa de la Ola, definida por el promedio de la tercera parte más alta en un registro de olas.
T_p =	período pico de la ola.
N=	Cantidad de datos utilizados.
b=	Intersección con el eje y.
t=	T-student.

Las series de datos de periodo de la ola muestran una tendencia positiva (Figura 3-4b) y significativa al 95% en el periodo de la ola, con un valor medio de 12.95 ± 2.34 segundos; con valor mínimo de 3.45 s y valor máximo de 21 s. La moda es de 12.10 s, y el valor central de la serie de datos (P50) es de 13.26 s.

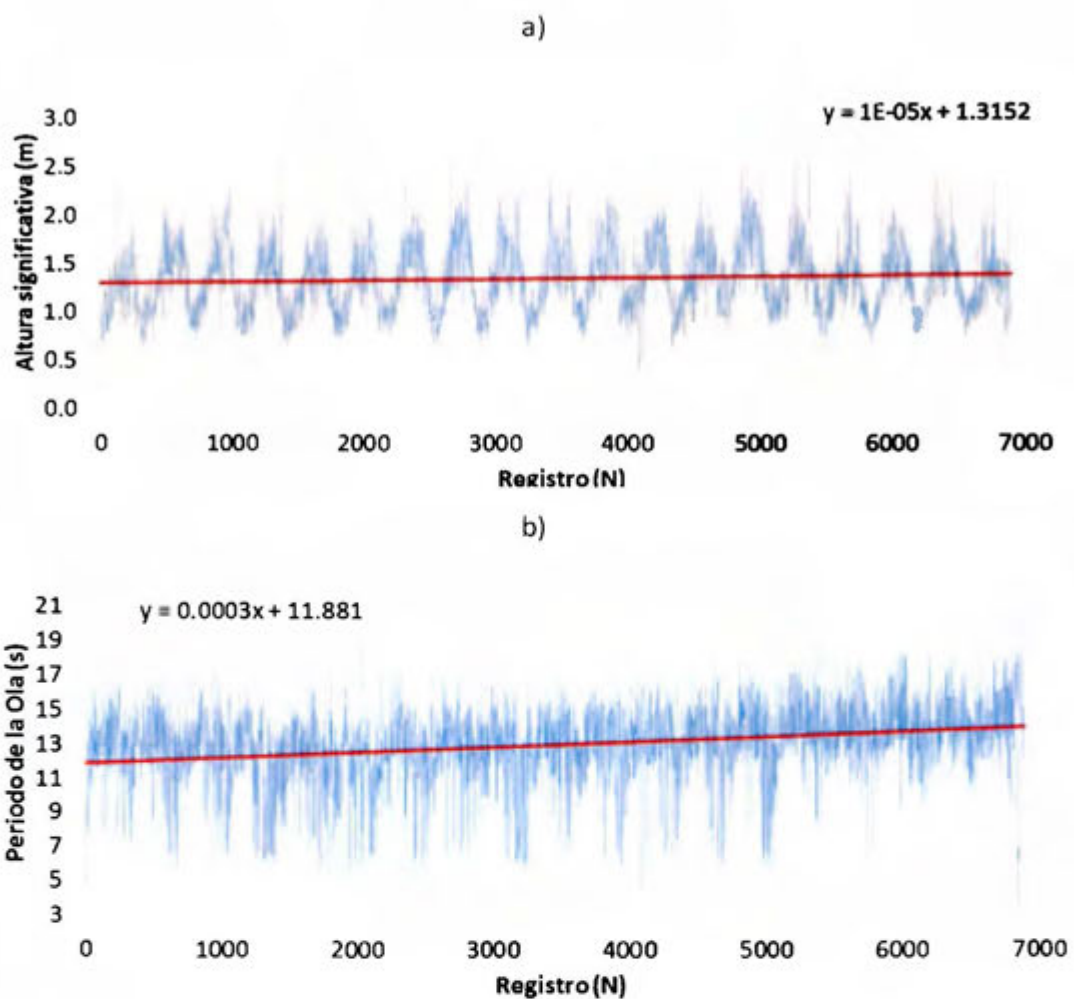


Figura 3-4 Comportamiento del oleaje para el Pacífico Central del 30 de enero de 1997 al 31 de julio del 2015. a) altura del oleaje, y b) periodo de la ola.

El Cuadro 3-4 muestra la cantidad de datos utilizados (N), la línea de tendencia para ambas variables es positiva (m) y son significativas al 95%, debido a que los valores de t están por encima de 1.96.

Cuadro 3-4 Datos estadísticos del oleaje en el Pacífico Central

Variable	N	M (pendiente)	b	t
H _s (m)	6891	0.0000048513	1.316352	6.65370*
Tp (seg)	6891	0.0001027359	489	22.465997*

* Significativa al 95%

H_s (m)= Altura significativa de la Ola, definida por el promedio de la tercera parte más alta en un registro de olas.

Tp= período pico de la ola.

N= Cantidad de datos utilizados

b= Intersección con el eje y

t= T-student

3.3.2.2 Temperatura Superficial del Mar (TSM)

Los datos de temperatura superficial del mar para el PN (Figura 3-5) indican una tendencia positiva con un valor promedio de $27.88^{\circ}\text{C} \pm 0.78^{\circ}\text{C}$, temperatura mínima de 25.32°C , una temperatura máxima de 30.25°C . El valor más frecuente fue 27.96°C .

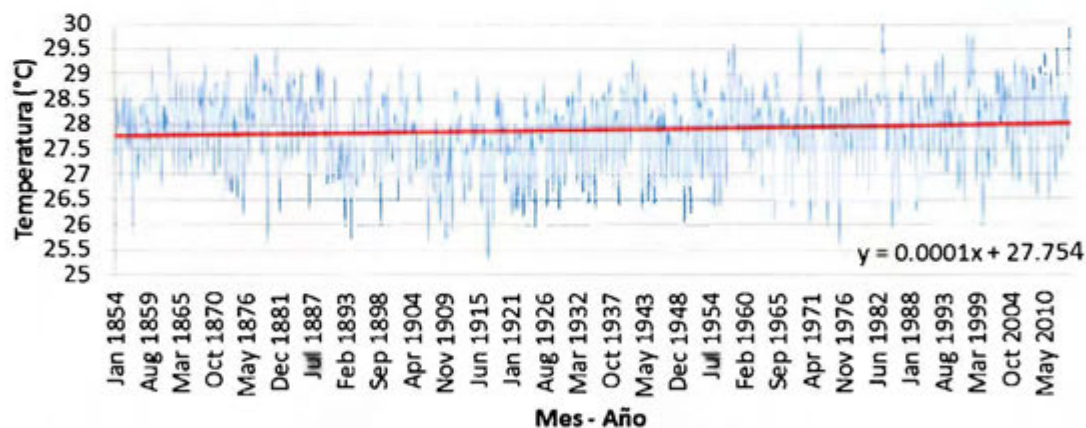


Figura 3-5 Temperatura Mensual Superficial del Mar en el Pacífico Norte de Costa Rica desde enero 1854 a agosto 2014 basado en datos de Reynolds y Smith (2008).

Los datos de temperatura superficial del mar para el PC (Figura 3-6) indican una tendencia positiva y estadísticamente robusta (Blank, 1980) con una temperatura media de $28.10^{\circ}\text{C} \pm 0.59^{\circ}\text{C}$, valor mínimo de 26.19°C , valor máximo de 30.08°C . El valor más frecuente fue 28.10°C .

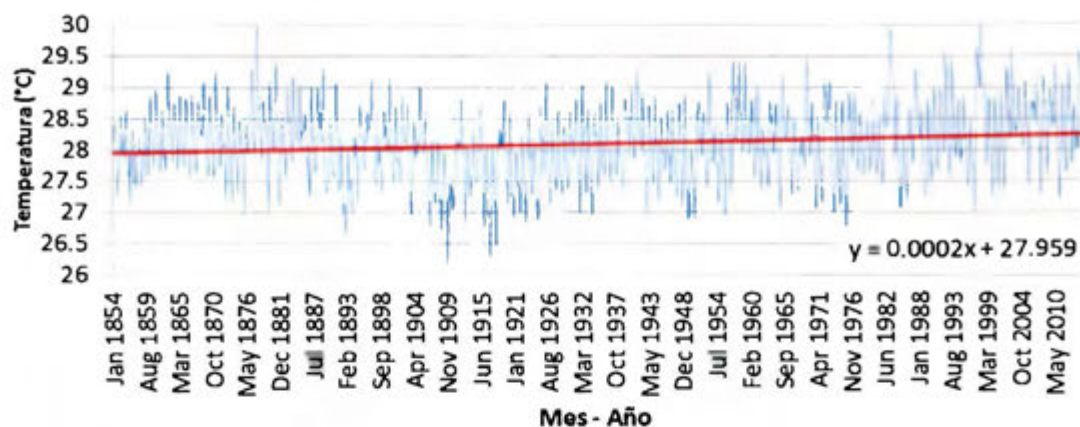


Figura 3-6 Temperatura Mensual Superficial del Mar en el Pacífico Central de Costa Rica desde enero 1854 a agosto 2014 basado en datos de Reynolds y Smith (2008).

El Cuadro 3-5 muestra la cantidad de datos utilizados (N). La línea de tendencia para ambas regiones es positiva (m). Ambas series de tiempo son significativas al 95%, ya que la $t \geq 1.96$.

Cuadro 3-5 Datos estadísticos de la temperatura mensual superficial del mar para el Pacífico Norte y Pacífico central desde enero 1854 a agosto 2014 basado en datos de Reynolds y Smith.

Variable	N	m (pendiente)	b	t
TSM-PN	1928	0.0001352059	27.754	4.251*
TSM-PC	1928	0.0001500628	27.959	6.300*

*Significativo al 95%

N= Cantidad de datos utilizados
 b= Intersección con el eje y
 t= T-student

3.3.2.3 El nivel de mar

La estación de Puntarenas (Figura 3-7a) muestra una tendencia positiva entre los años 1941 y 1966. En el caso de Balboa (Figura 3-7b), la tendencia de los datos también es positiva.

El Cuadro 3-6 muestra la cantidad de datos utilizados (N), la de tendencia para cada estación, donde tanto Puntarenas como Balboa tienen una tendencia positiva (m) y ambas son significativas al 95%.

Cuadro 3-6 Datos estadísticos del Nivel de mar para dos estaciones mareográficas en el Pacífico de Costa Rica y Panamá.

Estación	N	m (pendiente)	b	t
Puntarenas	309	0.5029883561	2621.357965	9.914241629*
Balboa	1288	0.1248727347	3871.9998689	14.8868713*

* Significativa al 95%

N= Cantidad de datos utilizados
 b= Intersección con el eje y
 t= T-student

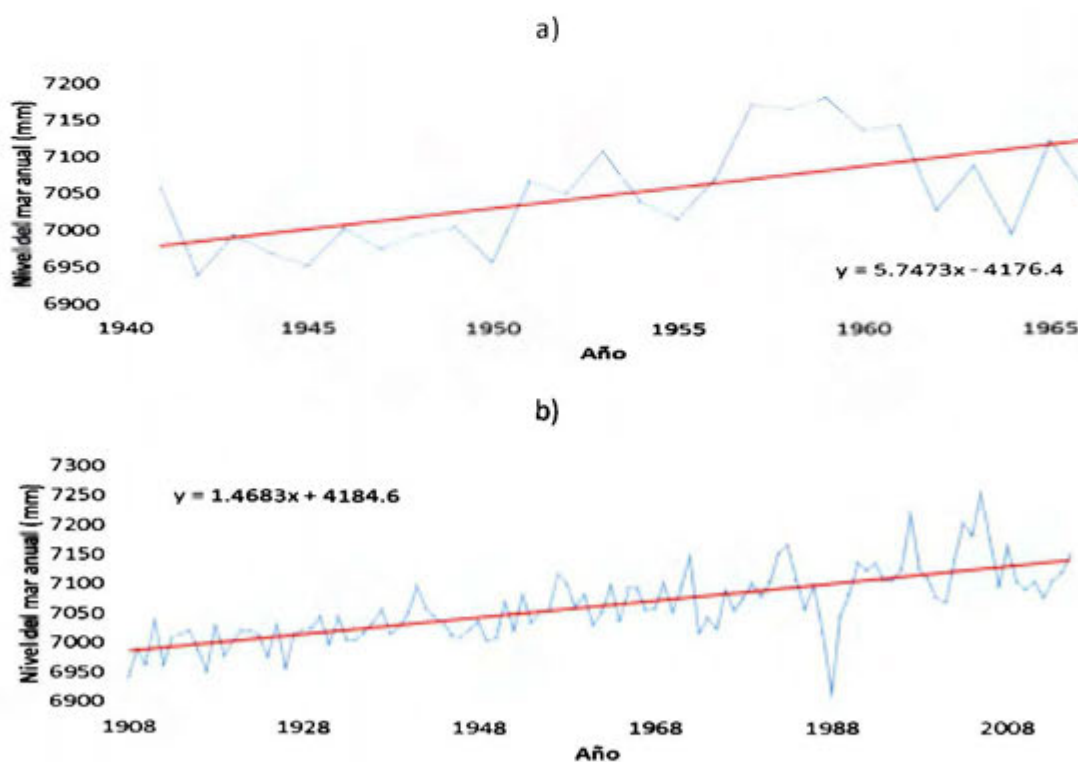


Figura 3-7 Promedios anuales del nivel del mar en estaciones mareográficas. a) Puntarenas, b) Balboa. Fuente: Permanent Service for Mean Sea Level.

3.3.3 Tectónico

En la última década, en el Pacífico se han reportado movimientos tectónicos que ocasionaron el levantamiento de la línea de costa, tal es el caso del terremoto en Península de Nicoya, sector de Playa Sámara (Pacífico Norte) ocurrido el 5 de setiembre del 2012 con una magnitud de momento (MW) de 7.6 (Protti, 2014). Aquí se reportó un levantamiento de ~1m (Linkimer *et al.*, 2013). Protti (2014) menciona que la Península de Nicoya tiene un periodo de retorno cada 50 años, mientras que la Península de Osa cada 40 años. Esto quiere decir que cada vez que se cumple un periodo es probable esperar un evento de liberación de energía en el cual se estabilice la costa, mientras que paulatinamente la costa se hunde o levanta según sea el caso.

Durante una visita exploratoria en enero del 2014, se constató que el mar ya no llega a ciertas zonas de la playa. Tal es el caso que ocurre propiamente en Playa Sámara (Figura 3-8), donde la playa se ha vuelto más extensa y el proceso de erosión se ha detenido.



Figura 3-8 Zona sin exposición a la dinámica del oleaje y mareas a causa del levantamiento de la península de Nicoya. Tomada el 28 de enero, 2014.

3.3.4 Antrópico

Durante las visitas a los sitios de estudio, se comprobó la presencia de elementos antropogénicos que comprometen la estabilidad de la playa. Entre estos elementos se pueden citar: carreteras, infraestructura portuaria, alcantarillado público, edificaciones. Además, la falta de una gestión integrada de cuencas afecta la dinámica costera. Por ejemplo, la extracción de material lítico de los cauces de los ríos disminuye el aporte de los sedimentos continentales al perfil de la playa, el desvío de cauces para el riego de campos de cultivo, la construcción de represas hidroeléctricas que secuestran los sedimentos para la buena salud de la cuenca hidrográfica y la zona de playa.

La construcción de edificaciones en la Zona Marítimo Terrestre (ZMT) sucede en Playa Potrero (Santa Cruz, Guanacaste), con el caso del Hotel "Bahía del Sol". Esta edificación limita la interacción del mar con la parte continental cuando ocurren mareas muy altas, por lo que el sedimento es retirado del único lugar disponible (Figura 3-9).



Figura 3-9 Hotel Bahía del Sol en la Zona Marítimo Terrestre en Playa Potrero. Tomada por Omar Lizano, el 28 de enero, 2014.

En Playa Caldera, la presencia de dos elementos antrópicos ha modificado la configuración de la playa y del estero de Mata Limón: (1) la carretera Costanera Sur, ahora Ruta Nacional 27 "José María Castro Madriz"; y (2) Puerto Caldera. La ruta nacional 27 se convirtió en un límite artificial y la construcción del puente restringe la salida del Estero de Mata Limón, el cual naturalmente aporta sedimentos desde la parte continental, los cuales actualmente se han acumulado en la boca del sistema lagunar.

En 1974, el manglar de Mata Limón se encontraba en buen estado, pero luego de las intervenciones antrópicas se han formado bajos (acumulación de arenas) (Guell-Vargas *et al.*, 2000). La Figura 3-10 muestra la intervención que se debe realizar, al menos cada tres años en el sector norte de Playa Caldera para evitar el deslave de la carretera. La Figura 3-11 señala el bajo que se ha creado dentro de la boca del Estero de Mata Limón, así como el puente que limita la salida del sedimento.



Figura 3-10 Dique y Ruta 27 "José María Castro Madriz" en Caldera. Tomada por Omar Lizano, 11 de febrero, 2014.

El Puerto de Caldera ha contribuido con atrapar parte de los sedimentos que alimentan la playa, y al interrumpir la ruta de la deriva litoral no existe la corriente natural

que transporte los sedimentos a la salida del sistema lagunar de Mata Limón. Por tanto, la arena queda atrapada en el área cercana al puente y al puerto, sector conocido como Playa Nueva (O. Lizano, Oceanógrafo, comunicación personal, 17 de abril, 2017).



Figura 3-11 Panorámica de Playa Caldera (a la izquierda) y la boca del sistema laguna del Estero de Mata Limón (derecha). Tomada el 27 agosto, 2011. Gira Geomorfología Litoral. Escuela de Geografía.

La presencia de alcantarillado en pueblos costeros que desaguan en la playa agrava la erosión de la costa. El volumen de agua que sale en las tuberías en sitios puntuales altera el equilibrio y no se recupera con la misma rapidez. La Figura 3-12 y Figura 3-13 muestran dos ejemplos de lugares en los que ocurre esta situación: la primera en Playa Esterillos Oeste, ahí se nota la presencia de material de relleno para evitar la erosión. El segundo caso se ubica en Playa Potrero, donde la alcantarilla tiene una estructura de concreto que la resguarda para no ser tapada por la arena, pero que en la actualidad se encuentra bastante destruida por la acción del oleaje y las mareas.



Figura 3-12 Alcantarilla en Esterillos Oeste. Tomada por Omar Lizano el 11 febrero, 2014.

La construcción de infraestructura turística y portuaria como en el caso de la “Marina Pez Vela” en Quepos, Puntarenas (Figura 3-14a y Figura 3-14b) o el Puerto de Caldera en Esparza, Puntarenas (Figura 3-15), generan una transformación en las corrientes litorales que modifican la forma de las playas circundantes, por lo que el transporte de sedimentos se dirige a otras zonas. En el primer caso, los sedimentos se han acumulado en el sector de Boca Vieja a la salida del estero, provocando que los pescadores de El Cocal tengan dificultad para ingresar o salir de la zona. Además, la construcción de esta marina, implicó un daño en el paisaje ya que obstaculiza la vista desde la Ciudad de Quepos a mar abierto (R. Pujol, ingeniero civil, comunicación personal, 09 de mayo, 2017). En Puerto Caldera los sedimentos han tendido a acumularse en las zonas marcadas con 1 y 2 en la Figura 3-15.



Figura 3-13 Alcantarilla en Playa Potrero. Tomada el 27 de agosto, 2015.

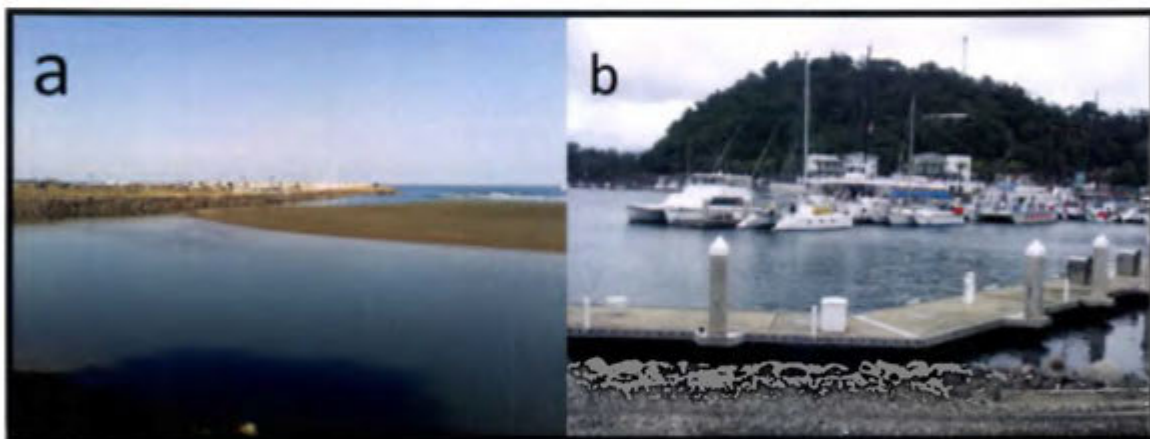


Figura 3-14 Marina Pez Vela a) Panorámica desde Boca Vieja donde se observa una acumulación de sedimentos; b) vista de la parte interna de la Marina. Tomada el 11 de febrero del 2014.



Figura 3-15 Vista área del Puerto Caldera en Esparza, Puntarenas. Círculos marcados con 1 y 2, son áreas de acumulación de la arena. 1997.

Otro factor que afecta la estabilidad de las playas, es la extracción de materiales en cauces de dominio público (Figura 3-16). Esta actividad se puede realizar por medio de una concesión y el material extraído del cauce se utiliza, principalmente, como material de construcción. El Río Barranca, por ejemplo, el cual desemboca muy cerca de Playa Caldera, posee una concentración de concesiones que alerta una sobreexplotación (El Guardián, 2016). En el caso del Río Parrita, que aporta sedimentos a Playa Palo Seco, se extrae arena y piedra de forma clandestina (Guevara, 2013), dichas actividades afectan significativamente la estabilidad relativa de la playa.

a)



b)



Figura 3-16 Ejemplos de extracción de materiales en cauces de dominio público. En ambas fotografías se observa maquinaria trabajando en los cauces. Fuente: Brenes, 2017.

La construcción de infraestructuras que interrumpen los cauces de río afecta gravemente la dinámica de la cuenca hidrográfica como la zona costera. En el Río Pirrís, afluente del Río Parrita que desemboca cerca de la Playa Palo Seco, existe la represa hidroeléctrica, la cual interfiere con el transporte de sedimentos. La Figura 3-17 muestra la vista aérea de la represa y la cantidad de sedimentos que son acumulados, generando que la vida útil de la represa disminuya y a la vez afecta el río aguas abajo, incluyendo la playa de Palo Seco.



Figura 3-17 Represa Hidroeléctrica Pirrís: a) vista aérea; b – f) acumulación de sedimentos.

Fuente: Google Earth, 2015; Brenes, 2017.

También ocurre que la playa, al estar conformada en su mayoría por conchas por lo que se vuelve muy atractiva para los visitantes, quienes optan por recolectarlas de manera individual y colectiva, afectando a largo plazo afecta el equilibrio del perfil de playa. Playa Conchal, que debe su nombre a la presencia de muchas conchas, ha sufrido de esa práctica por lo que actualmente no es posible encontrar piezas enteras, sino fragmentos pequeños

de ellas (O. Lizano, Oceanógrafo, comunicación personal, enero 2014). Es por ello que la salud de las comunidades de moluscos y arrecifes, quienes aportan los bioclastos, aseguran la sostenibilidad de la playa, tanto por belleza escénica como en el perfil de la playa (G. Brenes, geomorfólogo, comunicación personal, mayo 2017).

Otra causa de la erosión en las playas que puede estar relacionada con el ser humano es la pérdida de vegetación costera, principalmente de los manglares, que funcionan como protector de las zonas de costas resistiendo contra el oleaje (Mora, 2013). Además, la muerte de arrecifes de coral que puede ser o no causada por la acción del ser humano, ocasionando la pérdida de material de bioclastos en el caso de playas de origen marino (Soto, 2012).

3.4 Discusión

Se resalta que las series de tiempo estadísticamente significativas y robustas tienden hacia el aumento. Tal es el caso del periodo de la ola en el Pacífico Norte y el Pacífico Central, la altura significativa de la ola en el PC, la TSM y el nivel del mar. Esta tendencia es a nivel mundial (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013). De la información cualitativa hay evidencia reciente que han afectado la dinámica costera y por ende acelerar o desacelerar el proceso de erosión en las playas.

El viento, elemento climático, tanto en el Pacífico Norte como en el Pacífico Sur, a pesar de tener una tendencia negativa muy pequeña y no significativa sigue afectando el comportamiento del oleaje. En el caso del viento en el Pacífico Norte este no es significativo porque se acelera al pasar por la depresión topográfica que existe en la Cordillera Volcánica de Guanacaste, específicamente entre los volcanes Orosi y Rincón de la Vieja (Retana *et al.*, 2012).

El oleaje en el Pacífico Norte y Pacífico Central muestran una tendencia positiva en el periodo de la ola que es significativa estadísticamente. En el Pacífico Central, la altura significativa de la ola también es positiva y que es estadísticamente significativo. En el

Pacífico Norte, la tendencia de la altura de la ola también positiva sin embargo no es *significativa*.

El aumento en el oleaje puede producir cambios en el corto plazo por la energía que libera en la costa, dejando muy poco tiempo de recuperación luego de un evento de considerable tamaño como lo puede ser la tormenta cercana. El IPCC (2013) reporta desde 1950 el aumento de los eventos extremos, por lo que el incremento en las tormentas cercanas a nuestras costas es probable.

En el caso de la TSM, el patrón es levemente ascendente, el cual desencadena una expansión térmica que se refleja en la línea de costa, como un ascenso en el nivel del mar (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013). La vida marina y las pesquerías también se ven afectadas por el aumento de la TSM, ya que cambian su patrón de distribución en la columna de agua (World Food Programme, 2002).

Cuando ocurre el Fenómeno ENOS en su fase cálida, el aumento en la TSM se traduce en el ascenso del nivel del mar, y este calentamiento también afecta a las pesquerías locales cambiando los patrones de comportamiento de migración (WFP, 2002). Por ejemplo, en el 2015, un calentamiento de las aguas del Pacífico cambió la ruta migratoria del pez dorado (*Coryphaena hippurus*) que para finales de ese año los pescadores del Pacífico Central de Costa Rica tuvieron que recurrir a otras estrategias de supervivencias, ya que no hubo pesca de dorado (D. Chacón, presidente CoopeTárcoles, comunicación personal, 01 de febrero, 2015).

El nivel del mar en la región ha tenido variaciones (Panel Intergubernamental para el Cambio Climático, 2013). Las estaciones de Puntarenas y Balboa lo confirman, indicando que existe una leve tendencia al aumento. El IPCC (2013) reporta que a nivel mundial el nivel de mar ha tendido un crecimiento continuo desde inicios del siglo XX, y que es muy probable que este aumento sea de $1.7 \text{ mm} \cdot \text{año}^{-1}$. Este aumento relativo implica que el agua ocupa más espacio continental, situación que conlleva al cambio en la geomorfología de la costa, así como el cambio en la dinámica litoral.

El levantamiento de la costa es una particularidad a la que están expuestas las costas en Costa Rica, por ser parte del Cinturón de Fuego del Pacífico (Tarbuck & Lutgens, 2005).

Esto ocasiona que se generen levantamientos o hundimientos. El levantamiento ocurrido en la Península de Nicoya, sector de Sámara (Pacífico Norte) el cinco de setiembre del 2012 (Linkimer *et al.*, 2013). Playas como Guiones, Garza, Sámara y Carillo han detenido sus procesos erosivos a causa del levantamiento (O. Lizano, Oceanógrafo, comunicación personal, 29 de enero 2014)

La acción del ser humano sobre la superficie terrestre ha llegado a producir cambios en la forma y dinámica de la superficie terrestre y marina. La falta de una gestión integrada de cuencas (Lizano, 2013) se ve reflejada en la zona costera. Se muestran varios ejemplos en donde la línea de costa sufre modificaciones a corto o largo plazo por esta intervención. Por ejemplo, en la construcción de diques, carreteras o cualquier obra de ingeniería costera que intervienen el espacio geográfico en Quepos o Caldera. Todas estas obras ejercen presión sobre el área, que llevan a la degradación del ambiente (Cambers & Hendry. 2002), aunque en ocasiones también actúan como la solución a la erosión costera.

3.5 Conclusión

La erosión en las playas puede ser ocasionada por diversas causas: tectónica, atmosférica, oceanográfica o antropogénica; ella produce cambios con repercusión directa o indirecta sobre la población humana que habita, trabaja o visita la costa por cortos periodos de tiempo.

De los datos analizados de viento, oleaje, nivel del mar y TSM, se encontró que las series de tiempo estadísticamente significativas poseen un comportamiento ascendente, en unos casos más leves que en otros, pero siempre ascendentes. Se concluye, por lo tanto, que estos elementos atmosféricos y oceanográficos no se han mantenido estáticos; por el contrario, han respondido a cambios dentro del sistema que ha generado que aumenten.

De continuar este aumento, es muy probable que se intensifique la erosión en las playas del pacífico costarricense, incrementando sus efectos en la población e instituciones encargadas, especialmente en las costas expuestas a mar abierto.

No es posible señalar un solo factor que ocasione la erosión en las playas, por la *misma naturaleza* de estas geofformas que son sitios muy complejos y dinámicos. Si bien es cierto, que la naturaleza está cambiando y realizando ajustes en sus sistemas, la acción del ser humano ha venido a jugar un papel muy importante en la dinámica costera.

4 Capítulo: Impactos de la erosión costera en las playas de interés del Pacífico de Costa Rica



Playa Conchal, 28 de agosto 2015.

4.1 Introducción

Las playas son sitios con alta dinámica costera donde actualmente vive más de la mitad de la población mundial, y es frecuentada para vacacionar por otras poblaciones (Bird, 2008). Esta dinámica provoca que una playa nunca sea igual por lo que su cambio es constante (CEPAL *et al.*, 2012).

La dinámica costera en las playas arenosas puede ser percibida por la población como una amenaza, debido a la exposición por la pérdida de material arenoso, que poco a poco va ocasionando problemas como: disturbios en el paisaje, pérdida de vegetación, deterioro/inestabilidad de edificaciones, intrusión salina en los mantos acuíferos costeros y modificación de la pleamar, que afectan la delimitación de la Zona Marítimo Terrestre (Z.M.T) (Ramos & Guerrero, 2010). Naturalmente, los ecosistemas de manglar y los arrecifes de coral funcionan como protección de la costa frente a fuertes oleajes, pero han sido destruidos o talados frente a algunas playas, por lo que han perdido su función.

En este capítulo, se identifican esos impactos que ha ocasionado la erosión costera en las playas del Pacífico que pueden ser percibidos como parte del paisaje, sin embargo, son llamadas de atención de que algo está sucediendo en la costa.

4.2 Materiales y métodos

Cada playa se visitó en tres ocasiones: (1) enero-febrero 2014, (2) agosto – setiembre 2015 y (3) octubre-noviembre 2015. En las visitas de campo se hizo observación *in situ* con el apoyo de fichas (Anexo 1) donde se registró información relevante de la playa como ubicación geográfica (coordenadas geográficas), el estado de la marea, la hora de visita, características generales de la playa así como la presencia o ausencia de obras de ingeniería costera; ecosistemas circundantes (manglar, corales, bosque), modos de vida cercanos a la costa así como evidencias visibles de erosión costera (Anexo 1). A cada visita de la playa le acompaña un bosquejo realizado como apoyo para las fotografías paisajísticas tomadas.

Se revisó material audiovisual (video de playas) suministrado por Omar Lizano quien recorrió 42 playas de Costa Rica en el año 2000, con el fin evaluar la evolución de las playas. Para acceder al material fue necesario convertir el formato de 8mm a DVD.

Para identificar los impactos en las playas seleccionadas, para ello se aplicó la metodología del Índice de Erosión y Sedimentación Costera IE-SC (Cárdenes & Obando, 2005), y el método de análisis geográfico (Vargas, 2012).

El índice de Erosión –Sedimentación Costera es una metodología que establece el grado de erosión presente en la playa. Es un método semi-cuantitativo. El Cuadro 4-1 describe los parámetros que se consideraron para cada nivel de erosión, tomando como base la vegetación, la infraestructura y las condiciones físicas-geológicas. Se reconoce que existen otros métodos para el análisis con mayor precisión, e inclusive de tipo cuantitativo como el de Playas en equilibrio estático (transporte longitud nulo) y playa en equilibrio dinámico o en desequilibrio (transporte longitudinal no nulo). Ambos métodos se descubren en CEPAL et al. (2012).

Cuadro 4-1 Niveles del Índice de Erosión y Sedimentación Costeras (IE-SC).

Nivel	Descripción	Vegetación	Infraestructura	Físico-geológico
1	Erosión-Sedimentación no apreciable	No presenta mayores modificaciones "equilibrio dinámico"		
2	Erosión-sedimentación muy leve	Raíces de las plantas ligeramente expuestas en el límite de la marea alta normal.	No está comprometida.	Terrazas de erosión menores a 50cm.
3	Erosión-sedimentación media	Exposición de raíces de las plantas dentro de la zona de la marea alta normal.	Está alejada al menos 5m del límite.	Terrazas pueden oscilar entre 50cm - 1m.
		Vegetación de gran tamaño (>5m) basculadas en el límite de la marea alta. Raíces cortadas por acción marina.	No se presentan construcciones que tengan como fin la contención de los procesos de erosión-sedimentación costera.	

Nivel	Descripción	Vegetación	Infraestructura	Físico-geológico
4	Erosión sedimentación fuerte	Fuerte exposición radicular, en algunos casos las raíces han sido eliminadas y solo queda la parte cercana al tronco.	Fuerte posibilidad de ser afectada si la erosión se mantiene o aumenta.	Terrazas pueden oscilar entre 1m – 1.5m.
		Vegetación de gran tamaño (>5m) se encuentra tumbada a lo largo de la zona intermareal e incluso removida hacia el mar.	Se utilizan sistemas de estabilización costera (diques de sacos de arena, muros de roca, chatarra, llantas, muros de cemento, gaviones).	
5	Erosión sedimentación muy fuerte	Sistemas radicales se encuentran rotos, totalmente expuesto y desarticulados.	Se utilizan sistemas de estabilización de la costa, los cuales no han sido efectivos. Presentan señales evidentes de destrucción. Socavamiento, colapso parcial o total, hasta enterrados.	Terrazas >1.5m.
		El sustrato de las palmeras y árboles adultos (>5m) están socavados, tumbados y removidos por las corrientes.	En algunos casos el mal diseño y distribución del sistema de estabilización costera se convierte en un potenciador de la remoción de material, incluso en zonas que no estaban afectadas. Obra civil se encuentra comprometida por el oleaje. Las bases de la infraestructura son falseadas, hay colapso de techos y paredes, llegando incluso a la pérdida total de la infraestructura.	

Elaboración propia con base en Cárdenes & Obando (2005).

Con base en las fotografías aéreas más recientes para cada playa y el trabajo de campo, se aplicó el IE-SC dando como resultado mapas donde se indica el nivel de erosión utilizando de referencia la información del Cuadro 4-1.

El análisis geográfico es una herramienta para la identificación de impactos que se fundamenta en el supuesto de que todos los fenómenos geográficos se encuentran

relacionados unos con otros. Con las vistas de campo se identificaron las condiciones a lo largo de las playas, se examinan conexiones, teniendo en cuenta sus influencias recíprocas para comprender las causas y consecuencias. Se basa en cinco principios: (1) Localización y distribución; (2) Descripción y explicación; (3) Comparación de fenómenos semejantes; (4) Conexión y coordinación; y (5) Evolución y dinamismo (Vargas, 2012). Se revisó material audiovisual y literatura, tanto científica como coloquial, en combinación con el trabajo de campo.

4.3 Resultados

4.3.1 Impactos de la erosión costera

En Playas del Coco se encuentran indicios de erosión costera. En la Figura 4-1a se observa la diferencia de nivel de la playa entre la parte frontal y posterior del muro construido cerca del cordón litoral que existía en el año 2000. Se aprecia un muelle de madera con las bases ya deterioradas. La Figura 4-1b muestra cómo el muro en el cordón litoral ha desaparecido prácticamente en ese sector; el muelle que se observa es nuevo y reforzado construido en cemento. También es posible apreciar el crecimiento del árbol cercano al muelle. La Figura 4-1c es un ejemplo de una terraza de más de 1 m de altura, donde el sistema radicular está expuesto, cercana a esta zona desemboca un riachuelo. La Figura 4-1d muestra una terraza de al menos unos 60 cm de altura localizada hacia el norte de la bahía. La Figura 4-1e y Figura 4-1f son del norte de la bahía, en ambas se observa un perfil con muy poca pendiente, pero en el segundo caso hay una pequeña terraza de erosión de al menos unos 20 cm de altura.



Figura 4-1 Impactos de la erosión en Playas del Coco. a) Antiguo muelle y vista hacia el norte de la bahía en el 2000, b) muelle nuevo y vista hacia el norte de la bahía, c) terraza de erosión mayor a 1m de altura a la salida de una quebrada, d) terraza de erosión mayor a 50 cm, e) sector norte de la bahía en el 2009, f) formación de cuspados y terraza de erosión al norte de bahía en el 2015.

En Playa Potrero también es posible encontrar impactos de erosión costera. La Figura 4-2a muestra una terraza de erosión muy cerca a la calle de acceso a la playa, además se puede ver como las bases de las astas de las banderas han sido lavadas, así como una terraza

de erosión cercana a los 50 cm de altura. En la Figura 4-2b y la Figura 4-2c se tienen ejemplos de medidas de mitigación contra la erosión costera que han implementado los comercios aledaños a la zona. La colocación de rocas protege la arena haciendo que el proceso de erosión sea más lento y la estructura de cemento sirve protege la salida del alcantarillado público. En la Figura 4-2d se aprecia la cercanía de infraestructura con la zona intermareal, en este caso la tapia de un hotel construida en la zona pública. La Figura 4-2e y la Figura 4-2f tomadas en noviembre 2015, muestran el cambio del paisaje con respecto a enero 2014, donde la infraestructura del alcantarillado público se vio afectado y la vegetación de gran tamaño sobre la playa por el desgaste de su sistema radicular.

En Playa Conchal hay grandes terrazas de erosión y afectación de los sistemas radiculares de la vegetación. En la Figura 4-3a y la Figura 4-3b, ambas tomadas en enero 2014, se observan terrazas de erosión: en la primera la diferencia de altura es mayor que en la segunda imagen. La vegetación se ve afectada por la acción del oleaje. En la Figura 4-3c, Figura 4-3d y Figura 4-3e se observa vegetación de gran tamaño totalmente en el suelo y es posible identificar la pendiente que existe hacia el mar; las raíces expuestas y cómo los turistas se acomodan a la pendiente. La Figura 4-3f es hacia el oeste de la bahía, donde es posible observar una pendiente pronunciada con evidencia de erosión cercana a la berma pero no tan marcada como al este de la playa.

En Playa Caldera, se logró obtener una imagen de cómo era en la década de 1970 cuando el sistema se encontraba en equilibrio (Figura 4-4a), y se observa la salida del sistema lagunar sin formación de bajos. Para agosto 2011 (Figura 4-4b), la salida era muy restringida por la construcción del puente y dique, lo cual ha formado un banco de sedimentos (bajo). La Figura 4-4c y Figura 4-4d son de la zona central de la playa, donde se puede observar la terraza de erosión con el material lítico para proteger de que no ocurra una mayor degradación.

De la Figura 4-4e a la Figura 4-4h se aprecia la evolución temporal que ha tenido el dique en el sector norte de la bahía, en febrero 2014 ya estaba bastante deteriorado a consecuencia del fuerte oleaje que se presenta en la zona. De agosto 2015 (Figura 4-4f) a noviembre de ese mismo año (Figura 4-4g), se aprecia el desgaste que sufrió el dique debido

la intensidad del oleaje con presencia de una marea astronómica. La Figura 4-4h evidencia el trabajo que se debe realizar al menos cada tres años por la Municipalidad de Esparza, para mantener la carretera sin afectación por la erosión costera, la fotografía fue recuperada en una visita a la zona en enero 2017.



Figura 4-2 Impactos de la erosión en Playa Potrero. a) límite de la marea alta en el 28 de enero 2008 sobre la terraza de erosión, b) rocas para proteger la orilla de la playa, c) salida de alcantarillado público hacia la playa, d) vista hacia el norte de la bahía, e) vista del mar hacia la tierra, se observa vegetación tumbada en la playa, f) rocas para proteger la arena y vegetación volcada hacia la playa.



Figura 4-3 Impactos de la erosión en Playa Conchal. a) vista hacia el este de la bahía, b) terraza de erosión mayor a 50 cm, c) y d) vegetación tumbada hacia la playa, e) vegetación volcada hacia la playa y terrazas de erosión menores a 50 cm, y f) pendiente de la playa hacia el este de la bahía.



Figura 4-4 Impactos de la erosión en Playa Caldera. a) panorámica de hacia el Estero de Mata Limón en la década de 1970, b) paisaje desde Mata Limón hacia la playa, c) d) e) y f) dique para proteger la carretera.

En el sector noroeste de Playa Jacó los rastros encontrados no son de erosión, en esta playa predomina el proceso de sedimentación. Por ejemplo, en el sector noroeste de la playa ha ocurrido un efecto de acumulación de sedimentos que se aprecia entre el año 2000 y el 2015 (Figura 4-5a y Figura 4-5b). Hacia el sureste es posible encontrar pequeños rasgos de erosión como la exposición de raíces (Figura 4-5c y Figura 4-5d). De la Figura 4-5e a la Figura 4-5h son ejemplos de la sedimentación que ocurre en esta playa. En febrero 2014 se aprecia una berma extensa colonizada por vegetación incipiente (Figura 4-5e). En setiembre y octubre 2015, fue posible apreciar la acumulación de palos sobre la playa, los cuales son retirados por cuadrillas de la Municipalidad de Garabito (Figura 4-5f y Figura 4-5g). Finalmente, la Figura 4-5h es una muestra del sedimento que es muy común encontrar en la zona de playa, este sedimento es grueso y en su mayoría ovalado, lo que indica que ha sido modelado por la dinámica fluvial (Friedman & Sanders, 1978) y recientemente ha llegado a la costa. Además, es de color rojizo como se observa en las colinas cercanas que han sido intervenidas por el ser humano para la construcción de terrazas, y en ellas construir edificios habitacionales.

En Playa Esterillos Oeste es fácil encontrar evidencias de erosión a lo largo de la playa. La Figura 4-6a, la Figura 4-6b y la Figura 4-6c muestran el proceso de evolución de la línea de costa a partir de puntos de referencia. En la Figura 4-6a es posible ver una palmera muy cercana a la parada de autobús (infraestructura de color azul) que en setiembre y octubre 2015 ya no es posible apreciar. Se observa el desgaste que ha ocurrido, donde el relleno ha ido cediendo hacia el mar y como, poco a poco, ha ido colapsando en pequeños fragmentos. La Figura 4-6d y la Figura 4-6e son de la zona este de la playa, ahí se identifican terrazas de erosión mayores a 50 cm y la vegetación está basculada con dirección al mar. La Figura 4-6f muestra un perfil con alta pendiente y se encuentra hacia el oeste donde ha ido creciendo la flecha litoral.



Figura 4-5 Impactos de la erosión en Playa Jacó. a) sector norte de la bahía en el 2000, b) sector norte de la bahía en el 2015, c) y d) vegetación con raíces expuestas, e) y f) formación de cuspados en la playa, g) y f) material alóctono en la playa.



Figura 4-6 Impactos de la erosión en Playa Esterillos Oeste. a) relleno en la playa con salida de alcantarillado público, b) y c) relleno con material arcilloso y terraza de erosión, d) y e) terrazas de erosión mayor a 50 cm y vegetación volcada hacia la playa, f) vista de la playa hacia el oeste.

En Playa Palo Seco es muy fácil encontrar evidencias de erosión. La Figura 4-7a muestra una gran terraza de erosión mayor a los 50 cm de altura, con vegetación dentro de la zona de marea. La Figura 4-7b es un ejemplo de medidas de mitigación que se emplean para disminuir la erosión en la zona, utilizando sistemas de estabilización artesanales pero que no han sido efectivos en proteger la costa por la mala planificación del sistema. La Figura 4-7c muestra la entrada de un hotel, cercano a la playa, que busca evitar que ingrese el agua de la marea con un montículo de arena. Cabe señalar que este sistema no es muy efectivo. En la Figura 4-7d se aprecia la cercanía de la calle de acceso y cómo el efecto de la erosión se va adentrando comenzando a afectar el sistema radicular, y hay una terraza de erosión de aproximadamente unos 70 cm de altura. La Figura 4-7e y la Figura 4-7f son otros ejemplos de la erosión, donde se puede observar vegetación basculada hacia el mar y una palmera dentro de la zona intermareal.

En Playa Uvita, en 2000 se observa vegetación tumbada en la arena y otra fuertemente basculada hacia la zona intermareal, signos de erosión costera (Figura 4-8a). El sistema radicular de la vegetación está expuesto (Figura 4-8b). Más de una década después el panorama no se muestra muy diferente, tanto que ha sido necesaria la intervención para proteger la zona de acceso al Parque Nacional Marino Ballena con la colocación de piedras de gran tamaño para mitigar de la erosión en la desembocadura de un estero (Figura 4-8). De la Figura 4-8d a la Figura 4-8h se tienen múltiples ejemplos de cómo está afectada la vegetación desde la erosión del sistema radicular, el basculamiento de vegetación de gran tamaño y hasta palmeras totalmente tumbadas en la zona intermareal. Esto ocurre hacia el sector este de la playa, contrario a la ubicación del tómbolo conocido como “Cola de Ballena”.



Figura 4-7 Impactos de la erosión en Playa Palo Seco. a) vegetación con raíces expuestas, b) colocación de rocas y sacos de arena para proteger el cordón litoral, c) montículos de arena para proteger la entrada de un hotel, d), e) y f) terrazas de erosión, vegetación con raíces expuestas y destruida en la playa.



Figura 4-8 Impactos de la erosión en Playa Uvita. a) vegetación volcada hacia la playa en el 2000, b) terrazas de erosión con vegetación con raíces expuestas, c) colocación de rocas para proteger la entrada al Parque Nacional, d), e), f), g) y h) vegetación afectada por la erosión: raíces expuestas, vegetación volcada y tumbada hacia la playa.

4.3.2 Índice de erosión-sedimentación Costera

El Cuadro 4-2 registra información de elementos principalmente antrópicos observados en las playas en estudio. A continuación, se presentan los mapas con el Índice de erosión y sedimentación costera (Cárdenes & Obando, 2005) para cada playa en estudio.

Cuadro 4-2 Elementos antrópicos presentes en las playas de estudio.

	Ingeniería Costera			Calle cercana a la playa	Hoteles	Restaurante/Soda	Casas	Obras Zona Pública	Línea de Vegetación	Embarcaciones			Evidencias de erosión
	Diques	Rompe Olas	Muelle							Artesanal	Deportiva	Turismo	
Playas del Coco	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Playa Potrero	X	0	0	X	X	X	X	X	X	0	0	X	X
Playa Conchal	0	0	0	X	X	X	0	X	X	0	X	X	X
Playa Caldera	X	X	X	X	0	X	X	X	0	0	0	0	X
Playa Jacó	0	0	0	X	X	X	X	0	X	0	0	0	0
Playa Esterillos Oeste	0	0	0	X	X	X	X	X	X	X	0	0	X
Playa Palo Seco	X	0	0	X	X	X	X	0	X	0	0	0	X
Playa Uvita	X	0	0	X	0	0	0	0	X	0	0	X	X

Elaboración propia.

Playas del Coco tiene un muelle, cuenta con carretera cercana a la playa, al igual que hoteles y restaurantes dentro de la zona de concesión, y existe un bulevar con desarrollo paisajístico para el disfrute de los visitantes. Se observaron embarcaciones artesanales y deportivas que sugieren medios de vida como se indica en el capítulo 2. Además, hay evidentes muestras de erosión. Aquí se pueden encontrar tres niveles: nivel 1 hacia el sector sur de la bahía donde la erosión-sedimentación no es apreciable, nivel 2 en la zona central

de la playa con rasgos muy leves de erosión y nivel 3 (erosión media) hacia el norte por la presencia de terrazas entre 0.5 y 1m, hay vegetación con raíces cortadas por la acción del mar (Figura 4-1). La Figura 4-9 ejemplifica la erosión en esta playa.

En Playa Potrero, hacia el suroeste, existe una Marina y se ha construido un dique para proteger la carretera de la erosión. Las embarcaciones orientadas al turismo son fáciles de observar por la marina. Al sur de bahía Potrero, en zonas cercanas a la Marina Flamingo Resort, la erosión alcanza el nivel 4, es decir una erosión fuerte, por las altas pendientes en el perfil de playa y terrazas entre 1 y 1.5 m de altura. Hacia el centro de la bahía la erosión es media (nivel 3), por la exposición de las raíces de las plantas dentro de la marea alta normal y hacia el norte es nivel 2 (erosión muy leve), por la existencia de terrazas menores a 50 cm (Figura 4-2). La Figura 4-10 contiene los elementos antes descritos.

En Playa Conchal no existen elementos de ingeniería costera, el acceso a la playa es difícil y es preferible hacerlo durante la marea alta para que el camino esté disponible. Esta playa presenta niveles de erosión altos. En el sector este la erosión alcanza el nivel 5 por poseer terrazas mayores a 1.5m y los árboles tumbados en la zona intermareal. El oeste tiene características de erosión fuerte (nivel 4), las terrazas oscilan entre 1 y 1.5m, y hay una fuerte exposición de las raíces (Figura 4-11). Las terrazas y los árboles tumbados se reflejan en la Figura 4-3.



Figura 4-9 Índice de erosión y sedimentación costera en Playas del Coco.

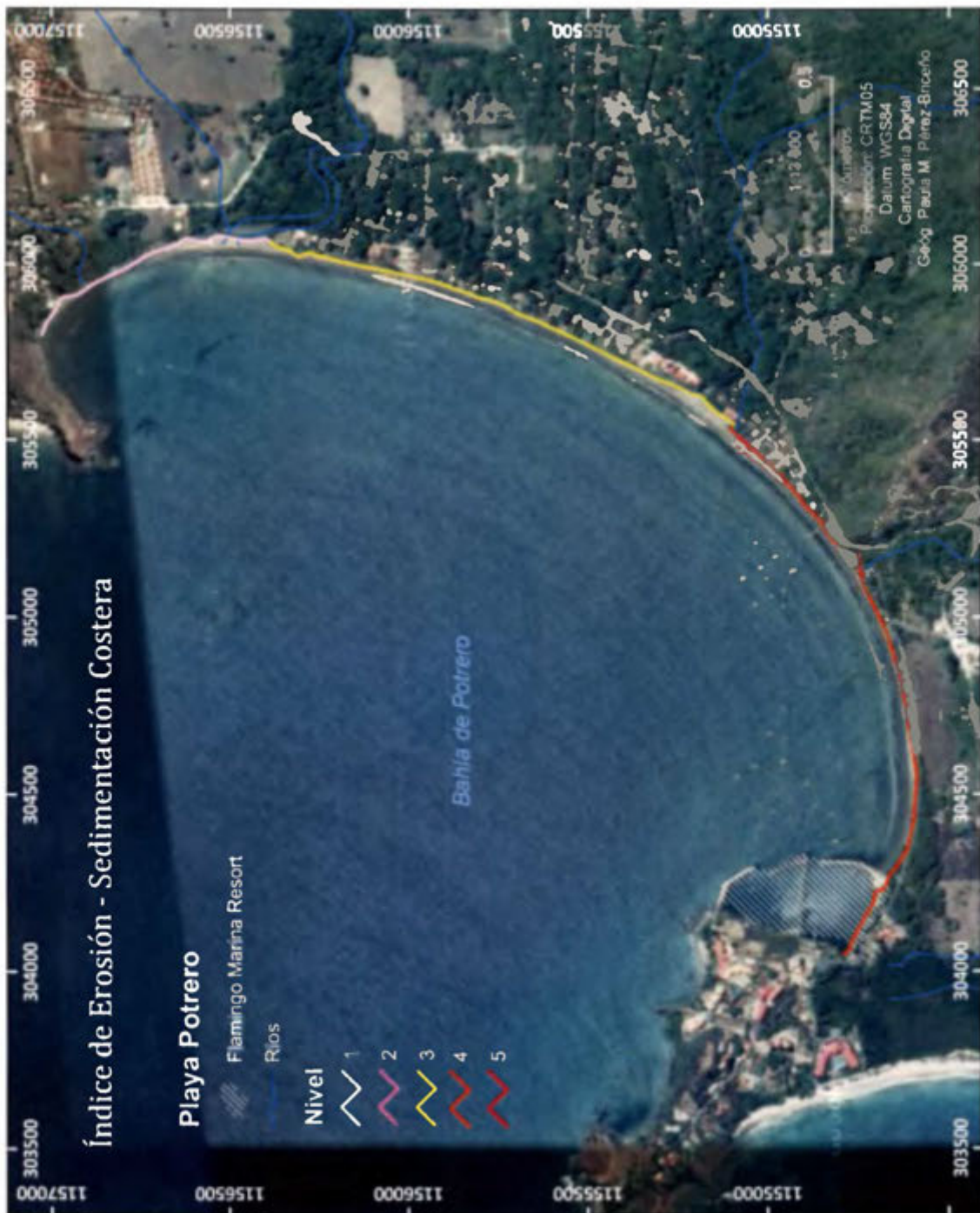


Figura 4-10 Índice de erosión y sedimentación costera en Playa Potrero.

Figura 4-11 Índice de erosión y sedimentación costera en Playa Conchal.



En Playa Caldera, la erosión es evidente, a pesar de que hay sistemas de estabilización costera como los diques para proteger la Ruta 27 y los rompeolas que tratan de atrapar los sedimentos de la playa. El Puerto de Caldera ha cambiado la dinámica de sedimentos, como ya se mencionó anteriormente (Guell-Vargas *et al.*, 2000). En el sector norte la erosión es muy fuerte (nivel 5), esta zona se ha intervenido con sistemas de estabilización que tienen señales de desgaste. Hacia el norte de la salida del estero de Mata Limón la erosión es fuerte (nivel 4). Aquí también se utilizan medidas de estabilización, pero menos grandes que al norte, y las terrazas oscilan entre 1 y 1.5m. Al sur de la salida del estero la erosión es media (nivel 3), en esta zona hay varios rompeolas que tratan de atrapar los sedimentos. La línea negra en la Figura 4-12 indica las zonas que no fueron evaluadas por la restricción en el acceso, al norte por ser propiedad privada del Puerto de Caldera, en donde la administración del puerto mantiene altos controles; y dentro del estero de Mata Limón primero por ser un ecosistema de manglar, el cual está fuera de este estudio y por la falta de embarcación para realizar el recorrido (Figura 4-12). La Figura 4-4 muestra las evidencias de erosión.

Playa Jacó no muestra grandes rasgos de erosión, más bien es de acumulación, pero no está exenta de la erosión en el sector este. Hacia el norte el desgaste no es apreciable (nivel 1), por el contrario, aquí se han acumulado los sedimentos. Hacia el centro de la playa, la erosión es muy leve (nivel 2), con algunas raíces expuestas en la zona de la marea alta normal. Hacia el sur de la bahía la erosión es moderada con un poco de vegetación basculada hacia el mar y algunas raíces cortadas por la acción marina, y no hay construcciones para contener el avance de la erosión. La línea negra indica las zonas que no fueron evaluadas. Al norte por ser un ecosistema de manglar y al sur por ser un acantilado vivo, ambas geoformas están fuera de este estudio (Figura 4-13). La Figura 4-5 ilustra la sedimentación que ocurre Playa Jacó.



Figura 4-12 Índice de erosión y sedimentación costera en Playa Caldera.

En Playa Esterillos Oeste se aprecia una zona de relleno (material arcilloso y rojizo) que cumple la función de dique para proteger la zona de playa. En ciertas zonas, el oleaje ha llegado al camino de lastre y ha afectado la estabilidad. En esta playa la erosión es media, con terrazas que oscilan entre 0.5 y 1m, vegetación basculada, así como sus raíces expuestas y en algunas ocasiones cortadas por la acción marina, en el límite de la marea alta. La línea negra indica las zonas que no fueron evaluadas por la restricción en el acceso (Figura 4-14). La Figura 4-6 muestra la erosión de esta playa.

En Playa Palo Seco existen medidas de mitigación para contrarrestar la erosión. Es posible encontrar grandes rocas protegiendo la arena, sin embargo, ya están bastante deterioradas. La erosión es muy leve (nivel 2) cerca de la desembocadura del Río Parrita. Posteriormente, la erosión aumenta a media (nivel 3), se apreciaron terrazas mayores a 50cm y vegetación con las raíces expuestas. Más hacia el este, la erosión se vuelve fuerte (nivel 4), se utilizan sistemas de estabilización y aumenta el tamaño de las terrazas. Hacia la flecha litoral la erosión es de nivel 3. La línea negra indica las zonas que no fueron evaluadas por la restricción en el acceso (Figura 4-15). La Figura 4-7 muestra las evidencias de la erosión.

Al igual que en Playa Palo Seco, en Playa Uvita existen medidas de mitigación para contrarrestar la erosión. Aquí se encuentran características de una erosión fuerte (nivel 4). Vegetación de gran tamaño basculada y tumbada en la zona intermareal, en la zona de acceso al Parque Nacional existe un dique conformado por rocas de gran tamaño (Figura 4-16). La Figura 4-8 ejemplifica cómo la vegetación ha sido afectada por la erosión, la cual está tumbada y fuertemente basculada.



Figura 4-13 Índice de erosión y sedimentación costera en Playa Jacó.

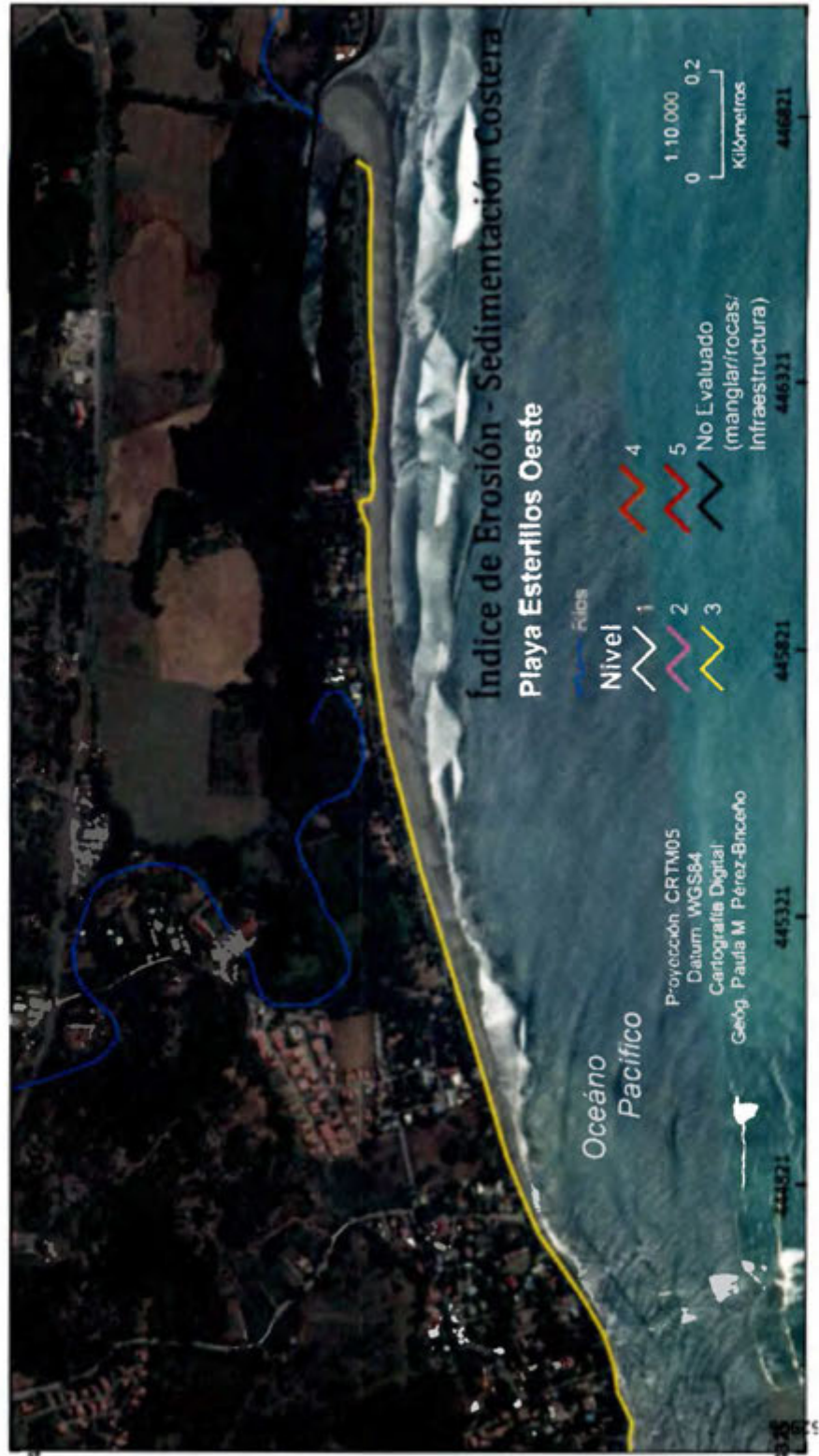


Figura 4-14 Índice de erosión y sedimentación costera en Playa Esterillos Oeste.

Figura 4-15 Índice de erosión y sedimentación costera en Playa Palo Seco.

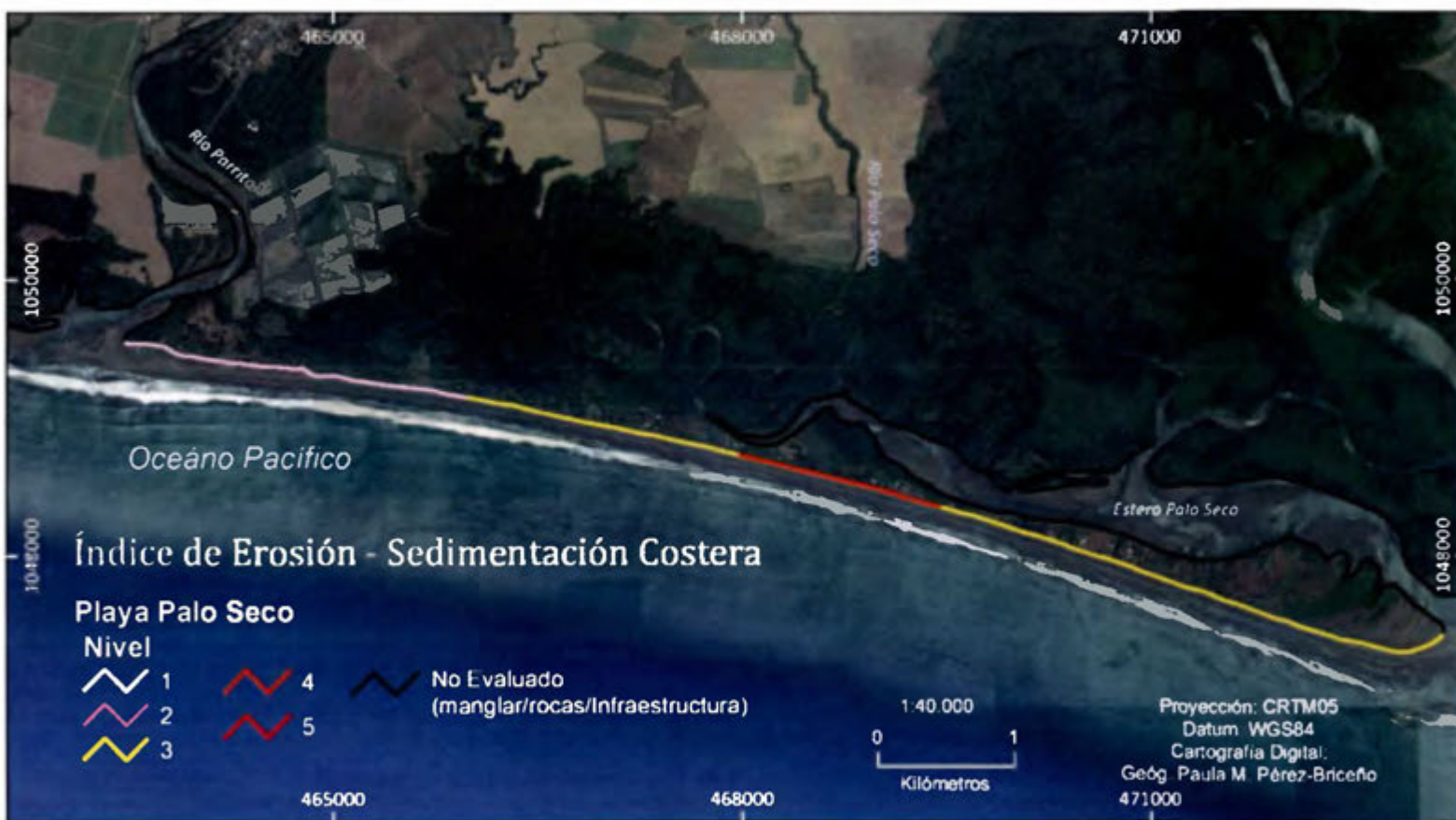


Figura 4-16 Índice de erosión y sedimentación costera en Playa Uvita.



4.4 Discusión

Los impactos de la erosión costera son fáciles de identificar con periódicas visitas a campo, en donde se documentan imágenes para luego comparar. El índice de erosión y sedimentación costera (IE-SC) propuesto por Cárdenas & Obando (2005) es una herramienta fácil de utilizar que permite emitir un criterio técnico sobre el estado de una costa arenosa.

Las playas que se encuentran protegidas por una geoforma litoral como las bahías, deberían presentar niveles bajos de erosión. Sin embargo, Playa Conchal, Playa Potrero y Playa Caldera tiene niveles altos de erosión (4 y 5) por la intervención del ser humano en el ambiente. Si bien Lizano (2013) señala que las playas abiertas experimentan un proceso más acelerado que las que se encuentran en una zona de protección, como una bahía, esto no sucede por la construcción de Puerto Caldera, la Marina *Flamingo Resort* y por la recolecta de las conchas. Las playas abiertas como Playa Esterillos Oeste, Playa Palo Seco y Playa Uvita tienen niveles altos de erosión por la alta exposición al oleaje (O. Lizano, Oceanógrafo, comunicación personal, abril 2017)

La falta de una gestión en la cuenca se refleja en la zona costera. La cuenca del Río Tusubre, ubicada en el distrito Jacó del cantón Garabito, ha generado el exceso de sedimentos en Playa Jacó, así como la gran abundancia de material lítico alóctono. Otro ejemplo de la falta de gestión de cuenca es la Cuenca del Río Grande Tárcoles, con el problema de los residuos sólidos (Soto, 2007).

En Playa Esterillos Oeste al estar expuesta a mar abierto presenta serios problemas de erosión de la playa. Dos viviendas, una escuela, un hotel y la vegetación enfrentan problemas por la erosión. Situación que han enfrentado colocando sacos de arena y piedras para tratar de contener la arena (Jiménez, 2016).

La erosión en Palo Seco ha generado la pérdida del frente de playa. Lizano (2013) menciona que para el 2011 se había perdido aproximadamente 50 metros en cinco años. Actualmente, hay zonas donde el nivel de la marea está afectando el camino de acceso, y este proceso parece no disminuir. Cerca de esta playa en el año 1998, la Isla Damas sufrió

de una fractura debido al aumento del oleaje como consecuencia de un ENOS fase cálida bastante fuerte (Lizano & Salas, 2001).

4.5 Conclusión

La erosión costera es un problema que está afectando a nuestras playas del Pacífico y sus impactos son diferenciados. Hay playas donde la erosión presenta un estado como el caso de Playa Conchal, donde la pendiente es bien alta, mientras que en otras como Jacó, al norte, más bien se da un proceso de acumulación de sedimentos y al sur se erosiona.

Los problemas que genera la erosión requieren de inversión económica para contrarrestar el daño. Este gasto en ocasiones va por parte del Gobierno Local, pero en otras, debe ser el sector privado el que actúa al ver afectado su patrimonio.

En cualquiera de los casos, la inversión es focalizada en ciertas áreas y no como una gestión integral. La deforestación de manglares, la muerte de arrecifes coralinos, la explotación de los cauces de ríos, la construcción de infraestructura cambia la dinámica natural del ecosistema, que además de los factores naturales poco a poco va aumentando en intensidad y frecuencia.

La afectación que puede tener una carretera nacional como la Ruta 27 a causa de la erosión, puede generar problemas al turismo que visita la costa Pacífica, así como a otro tipo de actividades productivas ya que ve interrumpido el flujo vehicular. Además, una eventual interrupción de la Ruta 27 afectaría el sistema de importación/exportaciones que ocurre en la zona por la cercanía con un puerto y con la frontera con Nicaragua, generando un incremento en los gastos por tiempos de traslados.

En el Parque Nacional Marino Ballena, la erosión ha ido retrocediendo la línea de costa, generando que la parte continental del parque se esté perdiendo, y así toda la conservación *in situ* que ocurre en esta Área Silvestre Protegida. También afecta la visitación por parte de turistas, lo cual implica menos ingresos al Parque Nacional y a la comunidad de Uvita, generando una pérdida a la economía local.

5 Capítulo: Lineamientos base para una estrategia de gestión integrada para la atención a la erosión costera en las playas



Jacó, 17 de setiembre, 2015.

5.1 Introducción

Para el 2007 más de la mitad de la población del mundo vivía en las zonas costeras, entendiéndose como zona costera los primeros 200 km a partir de la línea de la costa (Bird, 2008), y se espera que para el 2025 se espera que el 75% de la población mundial viva en estas áreas (Organización de las Nacionales Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2001). La presión antrópica que se ejerce sobre la región litoral ha ido aumentando, por tanto, se hace necesaria una gestión integral de las áreas costeras.

En las costas viven poblaciones humanas que dependen de los recursos costeros (Cicin-Sain & Knecht, 1998), y la playa es uno de esos recursos. Es un sitio muy atractivo como destino vacacional, por lo que aumenta la presión tanto sobre el espacio físico, los recursos naturales y los servicios básicos.

A lo largo de los capítulos anteriores, se ha señalado que las playas en estudio tienen dinámicas distintas y responden a diferentes presiones que las hace cambiar.

En este capítulo se refieren los lineamientos del manejo costero a nivel mundial, la gestión integrada de las playas y cuál ha sido el abordaje de las playas en Costa Rica, utilizando como referencia el conocimiento de tomadores de decisiones y documentos de políticas públicas, así como la percepción desde la sociedad civil. Finalmente, se hace una síntesis de todo el trabajo desarrollado en este estudio y cómo debería ser una herramienta para la gestión integrada de playas.

5.1.1 Lineamientos de Manejo Costero

La gestión del litoral o el manejo costero inicialmente se centró en cubrir dos necesidades: 1) Enfrentar los problemas de erosión costera y su consecuente degradación ambiental; y 2) Impulsar el desarrollo de sectores económicos ligados a la costa, como el turismo y los puertos (Botero *et al.*, 2012).

Posteriormente, el manejo costero fue evolucionando hacia el Manejo Integrado de Zonas Costera como un modelo de ordenamiento y gestión de las costas del mundo, dando un enfoque ecosistémico (Botero *et al.*, 2012). En el Cuadro 5-1 se brinda un mejor panorama de la evolución de la gestión integrada de áreas costeras.

Cuadro 5-1 Fases de la evolución de la gestión integrada de áreas costeras.

<i>Los detonantes del manejo costero (1950-1970)</i>	<i>Primeros enfoques de gestión en las costas (1970-1980)</i>	<i>Camino hacia la madurez en el MIZC (1980-1990)</i>	<i>El MIZC alcanza la madurez conceptual (1990-2000)</i>	<i>Los últimos avances en MIZC (2000-hoy)</i>	<i>Futuro MIZC</i>
Visión sectorial del desarrollo .	Visión sectorial pero con algún interés ambiental.	Mayor énfasis en la protección ambiental.	Convención de Río 92 y Agenda 21.	Visión ecosistémica de la costa.	Enfoque complejo de la costa.
Recursos naturales en función exclusiva del ser humano.	Unión de algunos sectores para coordinar usos del espacio costero.	Nace el término "Desarrollo Sostenible".	Foro en el Desarrollo Sostenible y la Gestión Ambiental Comprehensive.	Valoración ambiental como herramienta de toma de decisiones.	Herramientas de gestión específicas para el ambiente costero.
Mínima participación pública.	Dominio de la concepción ingenieril.	Orientación hacia usos múltiples.	Gestión de ecosistemas en el centro.	Resiliencia y gestión ecosistémica.	Apropiación social del espacio costero.
Políticas reactivas.	Primeras normativas sobre gestión costera.	Énfasis en participación comunitaria.	Boom de manuales y textos sobre MIZC.	Implementación mundial de planes de MIZC.	Redes mundiales de expertos y gestores costeros.
Espacio costeros limitado a la línea litoral.	Espacio costero con criterios arbitrarios o administrativos.	Espacio geográfico con base a varios criterios simultáneos.	Zonificación como principal estrategia de gestión.	Manejo adaptativo.	Conocimiento y herramientas de libre acceso.
		Multidisciplinariedad toma fuerza.	Interdisciplinariedad y gestión integrada.	Interdisciplinariedad como eje conceptual.	Gestión enfocada en el nivel local.

Fuente: Botero *et al.* (2012) adaptada de Vallega (1999) y Barragán (2003).

En síntesis, la gestión integrada de las áreas costeras tropicales surge para dar respuesta a problemas que trascienden en lo social desde el punto de vista físico y natural (Barragán, 2012). Engloba todo un sistema de relaciones entre elementos naturales, sociales, culturales, económicos y jurídicos, en donde se pretenden armonizar todos los procesos vinculantes en el área costera, con el fin óptimo de alcanzar un desarrollo sostenible (Cicin-Sain & Knecht, 1998; Barragán, 2004).

A raíz de la bibliografía consultada acerca del manejo integrado costero, la autora de este trabajo propone la siguiente definición para la gestión integrada de áreas costeras tropicales: “Es un proceso dinámico y continuo, multidisciplinario y participativo que enlaza gobierno, comunidad y ciencias (se refiere a todo el conocimiento desde las ciencias sociales, ciencias naturales y el conocimiento tradicional), con el fin de tener un balance entre el ambiente, lo económico, lo social, lo cultural, lo recreacional y lo jurídico en el área costera. Su éxito depende de la efectividad de la gobernanza, la transparencia y los enlaces interorganizacionales”.

5.1.2 La gestión integrada de las playas

La playa es uno de los ambientes que se pueden encontrar en las zonas costeras y es el énfasis de este estudio. Las playas tienen cuatro características sobresalientes:

1. *Naturaleza social de la playa:*
 - a. Playa como función social: es lugar de entrada y salida natural de embarcaciones, mercancías y pasajeros, sin necesidad de infraestructuras humanas.
 - b. Función de recreación y ocio: ofrece el paisaje y las condiciones naturales de la playa, por lo cual el Estado debe garantizar un libre acceso de todos los ciudadanos a estos espacios costeros.
2. *Naturaleza de ecosistema:* es el refugio de especies intermareales, que tienen un equilibrio natural delicado con periodos secos y húmedos periódicos, y que sirve de soporte a otros ecosistemas marinos como las praderas de fanerógamas y las dunas

(Botero *et al.*, 2012). También sirve como zona de alimentación para las aves costeras.

3. *Alta dinámica energética de las playas*: Al ser el límite entre el mar y el continente, las condiciones energéticas que soporta son muy altas, actuando como estructura natural de dispersión de la energía del oleaje (Botero *et al.* 2012). La playa es diferente entre la estación seca y la estación lluviosa.
4. *Actividad económica*: El turismo es una de las actividades económicas que se desarrollan en las playas. Libre acceso, disfrutar de un rato de esparcimiento y ocio. Valor paisajístico y natural. El turismo de sol y playa se ha fortalecido en las últimas cuatro décadas. La playa es relacionada con descanso, belleza y confort (Botero *et al.* 2012).

5.1.3 La gestión de las playas en Costa Rica

De acuerdo con la legislación vigente, las playas en Costa Rica son: un recurso marino costero (Ley N° 7554, 1995), son Propiedad Nacional (Ley N° 276, artículo 3, 1942), y un bien de dominio público (Ley N° 6043, 1977).

La administración de estos espacios corresponde a las municipalidades (Ley N°6043, art. 3, 1977), excepto cuando se encuentran dentro de un Área Silvestre Protegida (ASP); ahí la administración corresponde al Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), de acuerdo con la Ley Orgánica del Ambiente (Ley N°7554, 1995).

La Ley N°6043, establece que la Zona Marítimo Terrestre (ZMT), una franja de 200 m a partir de la línea de pleamar, donde los primeros 50 m es zona de dominio público, por tanto, es inalienable, imprescriptible e inembargable. Su habitación permanente es riesgosa para poblaciones humanas. Los siguientes 150 m son zona restringida (Ley N°6043, 1977).

Se han elaborado documentos de política pública relacionados con los ecosistemas marinos-costeros, como la Política Nacional del Mar: Costa Rica 2013-2028 desarrollada por la Comisión Nacional del Mar para articular el uso y la gestión de ese tipo de espacios y recursos (CONAMAR, 2013), la Estrategia Nacional para la Gestión Integral de los Recursos

Marinos y Costeros de Costa Rica como un instrumento que buscan la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos marinos y costeros del país (Comisión Interinstitucional de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica, 2008).

Recientemente, la Política Nacional de Humedales 2017-2030, señala la importancia de las playas como un ecosistema marino, el cual es parte de los humedales (Ministerio de Ambiente y Energía, 2017).

5.2 Materiales y métodos

Se revisaron documentos de política pública como la Política Nacional del Mar, la Estrategia Nacional para la Gestión Integral de los Recursos Marinos y Costero, Plan Nacional de Turismo Sostenible, la Estrategia Nacional de Humedales; además de algunos instrumentos de ordenamiento territorial como la Ley de Zona Marítimo Terrestre, Ley Orgánica del Ambiente y La Ley de Aguas.

Se realizaron entrevistas a funcionarios de entidades públicas, sector académico, especialista en gestión del riesgo y personas locales, el Cuadro 5-2 detalla las 16 personas entrevistadas. Este instrumento se aplicó con el fin de conocer la opinión y posición acerca de la erosión de playas de algunos tomadores de decisión, equipo técnico, la academia y la sociedad civil. El Anexo 1 contiene el instrumento utilizado.

Cuadro 5-2 Información de personas entrevistadas.

#	Nombre	Institución	Profesión
1	Omar Gerardo Lizano Rodríguez	Módulo de Información Oceanográfica- Centro de Investigación de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad de Costa Rica (CIMAR-UCR)	Oceanógrafo

#	Nombre	Institución	Profesión
2	Óscar Villalobos Charpentier	Comisión Interinstitucional de Marinas y Atracaderos turísticos- Instituto Costarricense de Turismo (CIMAT-ICT)	Ingeniero Civil
3	Luis Guillermo Miranda Aguilar	Coordinador Zona Marítimo Terrestre del Instituto Costarricense de Turismo (ZMT-ICT)	Arquitecto
4	Alberto Sánchez	Dirección Planeamiento Turismo del Instituto Costarricense de Turismo (ICT)	Biólogo Marino
5	Henry Alfaro Chavarría	Unidad de Ingeniería Marítima de Ríos y Estuarios de la Universidad de Costa Rica (iMares-UCR)	Ingeniero Civil/M.Sc. Ingeniería de puertos y costas
6	Adolfo Quesada Román	Escuela de Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional (ECG-UNA)	Geógrafo
7	Álvaro Morales Ramírez	Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR-UCR)	Biólogo Marino
8	Aracelly Jiménez Mora	Cooperativa de Molusqueros de Chomes (CoopeMolusChomes, R.L.)	Extractora de Moluscos (Mejillones)
9	Paola Brenes Rojas	Unidad de Criterios Técnicos y Operativos en Ordenamiento Territorial del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU)	Agrónoma / M.Sc. Recursos Naturales- Biodiversidad
10	Fernando David Mora Rodríguez	Viceministerio de Aguas, Mares, Costas y Humedales del Ministerio de Ambiente y Energía (VAMCH-MINAE)	Geógrafo/Gestor Costero/Viceministr
11	Giovanni Oconitrillo	Topografía y Observación del territorio del Instituto Geográfico Nacional (IGN)	Geógrafo

#	Nombre	Institución	Profesión
12	Rosendo Pujol	Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH)	Ingeniero Civil/M.Sc. Ingeniería sísmica, planificación física/Ministro
13	Luis Rolando Durán	Consultor Internacional Banco Mundial, PNUD, Unión Europea	Geógrafo-Consultor
14	Edgar Ortiz Malavassi	Centro de Innovación Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica (CIF-TEC)	Ingeniero Agrónomo/ Especialista en SIG
15	Luis Guillermo Brenes Quesada	Escuela de Geografía de la Universidad de Costa Rica (EG- UCR)	Geógrafo y geomorfólogo
16	Geancarlo Meléndez Salazar	Departamento de Catastro de la Municipalidad de Puntarenas	Geógrafo

5.3 Resultados

5.3.1 La percepción de la erosión costera

Se consultó a profesionales de diversas formaciones que ejercen en distintos ámbitos: institución pública, sector privado o la academia. Las respuestas obtenidas son variadas. Reconocen la importancia de las playas en muchos aspectos, desde lo biológico como zona de extracción de moluscos, hasta el aporte que hacen al Producto Interno Bruto (PIB) de Costa Rica. También, es un lugar espiritual y de relajación por la belleza escénica, así como de bienestar para las personas que requieran de terapia en la arena de la playa, todos estos aspectos aportan bienestar a la salud humana. Es un lugar que presenta en algunas zonas gran desarrollo turístico, tanto para el visitante nacional como para el extranjero, lo que

conlleva la inversión en hoteles, negocios (alimentación y otros servicios), infraestructura pública y privada, en sí, es un motor de la economía.

No hay que dejar de lado a los medios de vida que se desarrollan en las zonas costeras, comunidades de pescadores y molusqueros quienes hacen uso de la playa; en el primer caso como zona de atraque para sus embarcaciones, mientras que, en el segundo es su zona de trabajo de donde extraen los moluscos. La Figura 5-1 hace un resumen de la importancia de las playas.

Salud humana	Comercio	Turismo	Medios de vida	Ambiente costero
<ul style="list-style-type: none"> • Deportes • Recreación • Belleza escénica • Terapia • Salud Mental • Espiritual 	<ul style="list-style-type: none"> • Exportaciones <ul style="list-style-type: none"> • Pacífico • Atlántico • Desarrollo turístico <ul style="list-style-type: none"> • Hotelero • Construcciones • Negocios 	<ul style="list-style-type: none"> • Nacional • Extranjero • Aporte al PIB 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesca • Extracción de moluscos • Población que vive en zonas litorales 	<ul style="list-style-type: none"> • Límite entre tierra y mar • Importancia biológica (tortugas) • Dinámica geológica, geomorfológica

Figura 5-1 Importancia de las playas con base en la percepción de las personas entrevistadas.

Se preguntó acerca de los usuarios de las playas. Como base se presentaron seis usuarios de forma general (locales, pescadores, turistas, gobierno local, inversionistas y biodiversidad). Desagregando los usuarios brindados inicialmente y agregando otros, se obtiene la Figura 5-2, donde se agrupan los usuarios en tres grandes áreas: sector privado, sector público y sociedad civil.

Sector Público	Sector Privado	Sociedad Civil
<ul style="list-style-type: none"> • Gobierno Central • Capitanías de Puertos • Gobierno Local • Instituciones Públicas <ul style="list-style-type: none"> • INCOOP • INCOPECA • JAPDEVA • Control y Vigilancia • Academia 	<ul style="list-style-type: none"> • Inversionistas y Desarrolladores • Comercio • Academia • Empresas 	<ul style="list-style-type: none"> • Locales • Pescadores <ul style="list-style-type: none"> • Artesanal • Molusquero • Deportivo • Turista <ul style="list-style-type: none"> • Nacional • Extranjero • Naturalistas • Personas con necesidad de terapia en las playas • Surfistas • Conocimiento tradicional

Figura 5-2 Usuarios de las playas en Costa Rica de acuerdo con la percepción de las personas entrevistadas.

En cuanto al concepto de erosión, se llega al consenso que es la disminución de la arena en la playa y que es generado por la acción de oleaje y mareas. Sin embargo, solo tres entrevistados apuntan que en ocasiones se debe a agentes geológicos o a la intervención del ser humano, que puede provocar erosión de forma accidental.

En relación con las causas de la erosión costera, la Figura 5-3 resume los elementos mencionados, que fueron agrupados en dos grandes grupos: (1) físico, (2) social. En el caso de los físicos, tanto el oleaje como la marea son mencionados como elementos generadores directos de la erosión costera. El resto de los elementos físicos pueden provocar erosión, pero su intervención es menor, como el caso del blanqueamiento de corales, que a consecuencia de su muerte eliminan la resistencia al oleaje.

En los aspectos antropogénicos, la falta de ordenamiento territorial y la ausente gestión de cuencas hidrográficas son causas que se deben analizar en función de la erosión costera.

Físicos	Antropogénicos
<ul style="list-style-type: none"> •Oceanográficos •Oleaje •Mareas •Corrientes marinas •Expansión oceánica •Aumento de nivel de mar •Climático •Vientos •El Niño •Calentamiento global •Tormentas-Ciclones tropicales •Inundaciones Costeras •Actividad tectónica •Fallamiento local •Basculamiento de la corteza •Tsunamis •Biológico •Blanqueamiento de corales •Dinámica fluvial •Carga de sedimentos 	<ul style="list-style-type: none"> •Ausencia de gestión de cuencas •Falta de Ordenamiento Territorial •Retención de sedimentos por obras

Figura 5-3 Apreciación de las causas de la erosión costera de acuerdo con la percepción de las personas entrevistadas.

La erosión costera afecta la disponibilidad de playa, produce cambios en el paisaje y estos cambios afectan la memoria histórica de la población local o de los visitantes. También puede destruir infraestructura que está muy cercana a la zona intermareal, por lo que, de existir la necesidad de estar en esa zona, los costos aumentan por la necesidad de hacerlos más resistentes o por la construcción de elementos que protejan la estructura.

Los cambios que puede provocar en la playa hace que sea un lugar menos atractivo para el turismo. Una playa con fuerte erosión posee pendientes altas y gradas de erosión mayores a un metro, lo cual dificulta el disfrute y aprovechamiento del lugar. La Figura 5-4 presenta un resumen de las consecuencias de la erosión externadas por los entrevistados.



Figura 5-4 Consecuencias de la erosión costera en la playa, en la infraestructura, el turismo y lo biológico con base en la percepción de las personas entrevistadas.

Este tipo de efectos se pueden observar en lugares a nivel internacional como en: América Central, las islas del Caribe, en África como en Cabo Verde y en Holanda, según mencionaron los entrevistados. Para el caso de Costa Rica, indican que, en la costa Pacífica se encuentran lugares afectados como: Ballena, Caldera, Chomes, Dominical, Herradura, Humedal Nacional Terraba Sierpe, Isla Damas, Junquillal, Manuel Antonio, Marbella, Palo Seco, Potrero, Puntarenas, Quepos (Marina Pez Vela), Tamarindo, Desembocadura del río Tárcoles, Playa Azul, Jacó y Playa Uvita. En la costa Caribe la erosión está presente en: Las Barras, Cahuita, Cienguita, Limón, Manzanillo, Moín, Puerto Vargas, Sixaola, Isla Uvita, Laguna Jojó y los Canales de Tortuguero.

Se sabe que la erosión implica el aumento de costos económicos en el desarrollo de infraestructura o en proteger la que ya está construida. No existe un estudio que valore el costo económico de la erosión costera en Costa Rica.

Se consultó acerca de métodos o técnicas para combatir la erosión costera. Básicamente, se pueden dividir en duras y suaves (Harman *et al.*, 2015). Las primeras están asociadas a obras ingenieriles, por lo general de gran envergadura, que requieren una intervención en la playa o el mar. Las suaves o blandas son técnicas que no son tan invasivas y buscan que la playa recupere su equilibrio. La Figura 5-5 hace un recuento de las técnicas mencionadas durante las entrevistas y clasificadas por tipo. La efectividad de cada obra tiene un tiempo de vida útil.

Duras	Suave/blandas
<ul style="list-style-type: none"> •Arrecife artificial •Barreras •Compuertas •Desfogue de la salida de los ríos •Diques •Espigones •Gaviones •Instalación de Jacsksess •Malecón •Muros de contención •Rompe olas •Sacos de arena (geotubs) 	<ul style="list-style-type: none"> •Capacitación y planificación con la comunidad •Conservación previa (prevención) •Gestión de cuencas y de los recursos hídricos, incluyendo la costa (ordenamiento de cuencas) •Identificación de zonas vulnerables •Protección de humedales (cuena media y baja) •Recuperación de espacios naturales •Reforestación con especies nativas zonas de playa y reforestación en la cuena. •Regeneración de playa •Zonificación que integre elementos (IFAS)

Figura 5-5 Técnica para controlar la erosión de tipo duras y blandas según la percepción de las personas entrevistadas.

Se planteó la pregunta de cuál sería la manera adecuada de atender la erosión costera, la Figura 5-6 sintetiza respuesta en tres grupos: obras de mitigación, capacitación y gestión.

Obras de mitigación	Capacitación	Gestión
<ul style="list-style-type: none"> •Construir estructuras •Regeneración de playas •Reforestación de manglares/vegetación endémica. 	<ul style="list-style-type: none"> •Generar información sobre la dinámica costera •Educación comunal •Participación ciudadana activa •Prevención/conservación previa. •Capacitación de profesionales en dinámica costera. 	<ul style="list-style-type: none"> •Cuencas •Playas (monitoreo, capacidad de carga, daño mecánico) •Jurídica •Ordenamiento territorial

Figura 5-6 Formas de atender la erosión costera con base en la percepción de las personas entrevistadas.

Finalmente, se interrogó acerca de cuál institución o instituciones deberían estar a cargo de atender la problemática de la erosión costera en Costa Rica. Refirieron que actualmente existen varias instituciones que deberían enfrentar el problema de la erosión

costera por lo que una alianza entre ellas y el sector privado debería dar buenos resultados. Como generadoras de información están las universidades públicas, como entidad administradora están las municipalidades, y a partir de ahí están las instituciones públicas como el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) en conjunto con sus dependencias del Viceministerio de Aguas, Mares, Costas y Humedales y el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), el Instituto Costarricense de Turismo (ICT) por la importancia de las playas para este sector, la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE), quienes se encargan de atender a la población cuando ocurre una emergencia relacionada con la erosión, el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU) por su injerencia en la aprobación de los planes reguladores costeros. En fin, debe ser una convergencia interinstitucional, en donde se definan las responsabilidades claras, con la presencia de una entidad articuladora y que, por supuesto se logre contar con los instrumentos para la atención a la erosión costera, que incluya recursos económicos (presupuesto).

5.3.2 Instrumentos de política pública

Además, de los instrumentos descritos en la sección 5.1.3, existen otros instrumentos de políticas públicas. La Política Nacional del Mar: Costa Rica 2013-2028, elaborada por la Comisión Nacional del Mar, busca revertir la degradación ambiental con el fin de mejorar el bienestar común de las comunidades costeras más vulnerables. Esta política rescata los doce principios del enfoque ecosistémico, entre los que se destaca que los recursos deben ser gestionados por la sociedad y que se debe comprender y gestionar el ecosistema dentro del contexto económico en el que se encuentra (Comisión Nacional del Mar, 2013).

La Estrategia Nacional para la Gestión Integral de los Recursos Marinos y Costeros de Costa Rica se creó con el fin de buscar la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos marinos y costeros del país. En su segunda política, la cual se denomina: "Asegurar la ejecución de acciones para la investigación científica y tecnológica, el aprovechamiento sostenible y la conservación de los recursos vivos y no vivos, marinos y

costeros que existen en la columna de agua, fondo y subsuelo”; propone establecer mecanismos para la conservación de suelos y playas, empleando planes reguladores cantonales y urbanos costeros (Comisión Interinstitucional de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica, 2008). Sin embargo, no menciona medidas concretas que puedan ser incluidas dentro de los planes reguladores costeros, con el fin de preservar la playa, tanto a nivel físico como biológico y social.

La Política Nacional de Humedales 2017-2030 vigente (Ministerio de Ambiente y Energía, 2017) tiene como principales orientaciones el uso sostenible, la rehabilitación ecológica y conservación por medio de la definición de enfoque y principios. Resalta el valor del humedal como un sistema de regulación que da protección contra la erosión costera, así como el cambio de la estructura del suelo. Además, esta política está acorde con 16 de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos en el 2015 por el Programa de las Naciones Unidas.

5.4 Lineamientos para una estrategia de gestión integrada de las playas en Costa Rica

5.4.1 Importancia de las playas

Es indiscutible la importancia de las playas debido a todos los servicios que brinda, tanto a nivel de ecosistema (hábitat, zona de alimentación, resguardo), de frontera entre el océano y el continente (Stewart, 2005) y con ellos la belleza escénica que atrae al turismo (Instituto Costarricense de Turismo, 2016) y el desarrollo hotelero (Honey *et al.*, 2010). Además, en ellas se da psamoterapia (terapia con arena marina) que por la acción mecánica y térmica ayudan a personas con osteoartritis, miositis y secuelas de traumatismos (Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias (España), 2006; Martín, 2013).

En el caso de Costa Rica, las playas son importantes por el gran aporte que hacen al Producto Interno Bruto (Instituto Costarricense de Turismo, 2017) (Figura 2-42, Figura 5-1). Tal y como lo señala el documental Charlene Music & Jordan (2015.), el turismo es fuente

de empleo para muchas personas, pero si no se realiza de una manera responsable, se puede llegar a generar un daño irreversible, tanto a las playas como a la biodiversidad que habita en las costas costarricenses.

5.4.2 Espacio Geográfico

No existe una playa que sea igual a otra, puede tener condiciones similares, pero siempre va existir algo que las diferencie, además de que son cambiantes de un día a otro. Por las mismas características físicas de la playa, de estar conformados por sedimentos del Cuaternario (Q) y que no son consolidados (Denyer *et al.*, 2013b; Denyer & Alvarado, 2007; Tarbuck & Lutgens, 2011), están expuestas a sufrir cambios por agentes externos (Bergoeing, 1998). Todos los perfiles de playa levantados durante el trabajo de campo, son muestra de cómo la playa es transformada constantemente, y cómo hay playas que están más desequilibradas que otras (Figura 2-26 a la Figura 2-40). Por ejemplo, Playa Jacó (Figura 2-34) y Playa Conchal (Figura 2-30), a pesar que ambas están localizadas dentro de una bahía semi-cerrada. La primera está en un proceso de sedimentación por el gran aporte de sedimentos provenientes de la cuenca (Figura 4-5), mientras que la segunda está bastante desequilibrada, presentando niveles de erosión entre 4 y 5 (Figura 4-3) (Cárdenes & Obando, 2005).

En general, los elementos modificadores de la playa y que producen la erosión costera son conocidos (Figura 5-3) por profesionales que se relacionan con la temática (Cuadro 5-2). Sin embargo, hay elementos claves que no son tomados en cuenta siempre, por ejemplo, el efecto que tiene la ausencia de gestión de cuencas en la zona litoral, y todo el desequilibrio que generan en las playas.

Cómo se observó en el capítulo 3, el viento del Pacífico Norte y en el Pacífico Central no son significativos (Cuadro 3-2), por lo que este elemento no puede ser considerado con un agente modificador de las playas en Costa Rica.

Es indiscutible que el principal agente modificador es el oleaje (Lizano, 2007, 2013). La tendencia al aumento de la altura del oleaje (Figura 3-4a), así como la tendencia positiva del periodo del oleaje (Figura 3-3b y Figura 3-4b), suponen un aumento en la energía que

se libera en las playas (Stewart, 2005). Por lo que el aporte de sedimentos es necesario para lograr mantener el equilibrio dinámico (Tarbuck & Lutgens, 2011). Es por ello que es necesario prestar mayor atención a playas que carecen de un buen aporte de sedimentos (Figura 3-16), o que el ciclo ha sido alterado por ejemplo en Playa Caldera (Figura 3-10).

Las tendencias significativas al aumento de las variables oceanográficas: temperatura superficial del mar y el aumento del nivel del mar, implican una transgresión del nivel del mar que cambia la dinámica de los afluentes fluviales y, por ende, también cambia en la línea costera.

Las zonas costeras están expuestas a cambios más notorios con la actividad tectónica, ya que un levantamiento o un hundimiento de la corteza, acelera o disminuye el proceso de erosión en caso de que exista. Inclusive puede llegar a provocarlo, si es que antes no se daba en la zona. Como en el caso de Playa Sámará que ascendió ~ 1 m en el 2012 (Figura 3-8) (Linkimer *et al.*, 2013; Protti, 2014) y en la provincia Limón donde la línea de costa se levantó desde Limón hasta Gandoca el 22 de abril de 1991 (Denyer *et al.*, 1993).

El ser humano como agente cambiante del espacio geográfico se ha convertido en un actor clave cuando se trata de erosión costera. Hay evidencias comprobadas que la intervención antrópica ha cambiado la dinámica del transporte de sedimentos en las zonas costeras, ocasionando un desequilibrio en toda la playa. Por ejemplo, en Playa Caldera hay zonas cuya sedimentación es elevada, mientras que en otras áreas la erosión es grave (Guell-Vargas *et al.*, 2000). También, en Jacó por la intervención descontrolada en la cuenca, aumentó el aporte de sedimentos y con ellos afectó la dinámica de la playa (Figura 3-16). Situación similar ocurre en las playas donde han construido una marina como es el caso de Playa Potrero (Figura 2-9), Playa Quepos con la Marina "Pez Vela" (Figura 3-14) y Playa Herradura con la Marina "Los Sueños".

La erosión costera produce cambios en la forma de la playa (Cárdenes & Obando, 2005; Lizano, 2013; Ortiz, 2008), que afectan la delimitación de la Zona Marítima Terrestre como en caso de Playa Palo Seco, donde se ha entrado en una disputa legal por las condiciones de una concesión a causa de la pérdida de terreno. El cambio de la morfología de la playa también le quita el atractivo turístico al disminuir la disponibilidad de la playa y

aumentar la pendiente. Por ejemplo, en Playa Conchal la inclinación de la playa es alta y el ancho de la playa bastante corta, aún en marea baja. Otra playa en la que se observa el mismo efecto es en Playa Tamarindo, Guanacaste; en donde el declive de la playa es alta e incómodo para caminar a lo largo de la playa.

La erosión produce cambios en el paisaje, situación que afecta la memoria histórica. Palacio (2013) y Panizza (2001) mencionan que existen formas de relieve que poseen un valor histórico, cultural, estético y/o socio económico, un punto de vista evidentemente geográfico, que rebasa lo exclusivamente geomorfológico. Por tanto, al modificarse la playa los puntos de referencia cambian e inclusive puede cambiar la toponimia de un lugar, por ejemplo: en Playa Caldera ahora existe "Playa Nueva" en las cercanías del Puerto de Caldera (O. Lizano, Oceanógrafo, comunicación personal, 17 de abril, 2017). Otro sitio en el que la erosión costera alteró la memoria histórica es en Playa Chomes, Puntarenas, donde hace 30 años la playa era más amplia lo que permitía que personas habitaran en los alrededores, poco a poco la playa fue desapareciendo obligando a pescadores a migrar tierra adentro (A. Jiménez y C. Pérez, molusqueras de Chomes, comunicación personal, 05 de mayo, 2017).

Otro aspecto en el que influye la erosión costera, es en las construcciones cercanas a la zona intermareal, que dicho sea de paso no deberían existir de acuerdo con la Ley N°6043. El desgaste provoca daños mecánicos que terminan en la destrucción de las edificaciones. En el mejor de los casos, encarece la inversión porque se deben implementar medidas de mitigación y prevención ante la erosión (Figura 5-4). De lo contrario, se termina con la pérdida total de la edificación y del espacio terrestre como en Playa Azul donde se han perdido casas a causa de la erosión costera (Braga, 2015), en Isla Damas, cuando se partió la isla por la mitad en 1998, también hubo pérdida de casas (Lizano & Salas, 2001) o en Esterillos Oeste, donde cada vez la erosión afecta a las casas, comercios y calles cercanas a la zona intermareal (Madrigal, 2016).

5.4.3 Espacio Biológico

La biodiversidad que existe en las zonas costeras es única e importante. La acumulación de plancton en la playa (Brugnoli & Morales, 2001), los bentos que viven en el

sustrato arenoso, los moluscos y crustáceos, son una parte de la riqueza que se encuentra en estas zonas (Corrales-Ugalde & Sibaja-Cordero, 2015; Dexter, 1974; Sibaja-Cordero *et al.*, 2014). Además, son zona de alimentación para las aves costeras (Lalli & Parson, 2006).

La vegetación que se encuentra en playa se adapta a las condiciones saladas, como las que se observan en la Figura 2-7. En las playas que existen manglares, estos actúan como defensa ante la erosión costera y, por tanto, se consideran como técnicas de defensa blandas (Harman *et al.*, 2015). Sin embargo, pueden llegar a ceder como en Boca Zacate del Humedal Nacional Térraba-Sierpe (HNNTS; Mora, 2013).

Por la riqueza biológica de las playas y zonas costeras, es que se debe evitar y revertir la degradación ambiental, y para ello la gestión de playas es fundamental, con el fin de tener un ecosistema saludable. Además, contribuyen con el atractivo turístico.

5.4.4 Espacio Social

En Costa Rica, desde la década de 1970, se ha registrado un aumento en la cantidad de personas que viven en los cantones costeros analizados (Figura 2-41). Además, del incremento se ha visto cómo sus actividades económicas se han transformado hacia los servicios relacionados con el turismo, en donde las actividades primarias como pesca, agricultura y ganadería cada vez ven disminuida su mano de obra (Figura 2-42).

El IDH cantonal, por lo general es bajo en las zonas costeras y las zonas fronterizas. De los cantones analizados, Uvita se encuentra en el puesto 21 el más alto, y el que cuenta con menor IDH es Jacó, en el puesto 53. Las desigualdades territoriales también las señala Sojo (2010), a través del Índice de Desarrollo Social Distrital del 2007, el cual se basa en cuatro dimensiones: económica, política, salud y educación. Este autor refiere que, la región Chorotega es de las más segregadas, es decir, es muy desigual en el desarrollo que se ha venido dando. En esta región se encuentran los cantones Santa Cruz y Carillo.

Las playas brindan grandes oportunidades económicas al país, empezando por su aporte al PIB (Figura 2-43), al desarrollo turístico e inmobiliario (Honey *et al.*, 2010). Por tanto, la buena salud del ecosistema de playa es primordial para mantener "La gallina de los huevos de oro" (Charlene Music & Jordan, 2015).

5.4.5 Desarrollo Sostenible

El concepto de Desarrollo Sostenible aparece por primera vez en 1987 en el “Informe de Brutland: Nuestro futuro Común” de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. Se define como *la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades*. Es el principio rector para el desarrollo mundial a largo plazo y consta de tres pilares: (1) el desarrollo económico, (2) el desarrollo social y (3) la protección del medio ambiente (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, 1987).

La utilización de las playas debe garantizar un buen uso del espacio geográfico, los elementos abióticos y el desarrollo social y económico de las poblaciones. Los planes reguladores costeros y de desarrollo turístico deben velar por no afectar la dinámica de la playa ni del entorno, que se respeten los espacio que establece la ley para el dominio público, así como el respeto por la biodiversidad.

Esta relación entre el sistema natural y el sistema social queda plasmada en la Estrategia Nacional para la Gestión Integral de los Recursos Marinos y Costeros de Costa Rica, así como en la Política Nacional de Humedales 2017-2030, que, además, está acorde con 16 ODSs, en particular con el Objetivo 14: Conservar y utilizar en forma sostenible, los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.

Es un aporte importante que Costa Rica cuente con instrumentos de política pública que guíen hacia el desarrollo sostenible, sin embargo, se debe hacer un esfuerzo mayor para que sean eficazmente implementados. Este esfuerzo es parte de un cambio cultural que se debe dar a partir de educación formal, tanto a nivel de primaria como en la formación de futuros profesionales quienes desempeñarán sus labores en la zona costera.

⁵ <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

5.4.6 Gestión de las playas

Una gestión de playas debe asegurar la buena salud del ecosistema costero, del espacio geográfico, así como el bienestar de las poblaciones que viven en ella. Si alguno de estos tres elementos no se encuentra bien, afecta el balance y perjudica todo el sistema. Por ejemplo, en Playa Caldera, la construcción de elementos antrópicos ha venido a degradar el ambiente, tanto que poblaciones han sido desplazadas a causa de la inestabilidad de la playa (Figura 2-32, Figura 3-11y Figura 4-12).

La gestión de las playas es un tema muy complejo, involucra muchos usuarios: sector público, empresa privada, sociedad civil, academia, turismo. Cada uno de ellos con sus necesidades por lo que la convivencia en un espacio tan reducido y apetecido se vuelve competitivo). Por la complejidad del sistema y de los usuarios, es indispensable que se genere información detallada sobre la dinámica costera, a escala regional, zonal y local, con el fin de entender mejor el sistema marino-costero (Figura 5-6).

Gracias a Ley de Zona Marítimo Terrestre (Ley N°6043, 1977), las playas han estado resguardadas para el uso y disfrute de todos los costarricenses; al establecer la zona de dominio público y la zona restringida. En esta misma ley se establece el derecho al uso y acceso a las playas.

5.4.6.1 Herramientas de gestión

Existen muchas maneras de gestionar las playas, desde construir muros de contención para evitar los problemas de erosión hasta los programas que reconocen la participación activa de la comunidad (Figura 5-6).

Botero *et al.* (2012) señalan que las herramientas que apoyan la gestión van a depender de las características particulares del sistema. Por ejemplo, la utilización de los programas de sistemas de información geográfica (PSIG) facilitan el manejo de la información y ayudan a sintetizar y estudiar los problemas del sistema. Hay sistemas que clasifican la playa desde los geomorfológico hasta lo demográfico; metodologías para la medición de la capacidad de carga turística, el límite de cambio aceptable; las

certificaciones turísticas, por ejemplo: Bandera Azul, Playa Natural (Uruguay), IRAM 42100 (Argentina), NMX-AA-120-SCFI-2006- (México), Marca Q (España).

El Programa de Bandera Azul Ecológica en la categoría de playas, reconoce el esfuerzo de la población local por ver su playa sana (Bandera Azul Ecológica, 2017). Tener este reconocimiento es un incentivo más para la llegada de turistas.

En Costa Rica se han realizado esfuerzos para proteger las playas con mecanismos duros y suaves como señalan Harman *et al.* (2015), que las estructuras de defensas duras son estrategias comunes para manejar las inundaciones y la erosión costera. Mientras que las defensas suaves tratan de adaptar y suplir el sedimento del proceso natural. Un ejemplo de defensas duras es en Playa Caldera con los diques para proteger la Ruta 27 (Figura 3-10; Figura 5-5); o en Puntarenas donde existen espigones para atrapar los sedimentos (G. Meléndez, funcionario Municipalidad de Puntarenas, comunicación personal, 06 de mayo, 2017). Este tipo de estructuras implica un costo elevado y afecta el paisaje costero.

Una de las técnicas suaves que se han implementado en el país es la reforestación con vegetación nativa para que contrarreste el efecto de arrastre en la zona mareal. Entre el tipo de vegetación que se puede utilizar están los cocos o cocoteros (*Cocos nucifera*), piñuelas (*Bromelia pinguin*), almendro de playa (*Terminalia cattapa*), icaco (*Chrysobalanus icaco* (L.)), verdolaga de playa (*Portulaca sp*), churristate de playa (*Ipomoea pre-caprae*), marañón (*Anacardium occidentales*) y una especie de zacate de la familia Cyperaceae (Figura 2-7); ya que son especies vegetales que se adaptan al régimen salado. Este tipo de técnicas es de fácil implementación desde la sociedad civil, a través de organizaciones comunales o empresas que practiquen la responsabilidad social empresarial (RSE). Un ejemplo de esto se puede encontrar en Playa Marbella y Playa Junquillal en Santa Cruz, Guanacaste (P. Brenes, funcionaria INVU, comunicación personal, 04 de mayo, 2017).

La solución a la erosión costera no está en un muro o un dique, la erosión es un problema mayor que en parte está sometido al comportamiento del sistema climático, pero el ser humano es un actor clave, ya que ha tratado de modificar el ecosistema de playa en su propio beneficio al no gestionar de una forma adecuada las cuencas hidrográficas o al

construir grandes edificaciones para el intercambio mercantil que modifican las corrientes litorales.

A futuro, la autora no puede afirmar que este problema se erradicará de las costas, pero si es posible gestionar con medidas de planificación, educación/capacitación, mitigación y prevención para que las playas se mantengan lo más sanas posibles, principalmente a través de una gestión de cuencas que involucre la zona costera como parte del sistema y no como se utiliza a la fecha, como una salida.

5.5 Conclusión

El manejo integrado de las playas va más allá de solo evaluar la erosión. Va enlazado a la calidad del agua tanto marina como dulce, a la biodiversidad que se alberga, a los medios de vida de estas zonas. Pero también es importante recordar que cuando se trata de gestión integrada no existen ingredientes mágicos para una misma receta (Degnbol *et al.*, 2006). Cada espacio geográfico está constituido por elementos que pueden ser similares, pero no iguales. Desde algo tan visual como el color de la arena hasta el conocimiento tradicional que se desarrolla en cada comunidad.

La gestión de las playas debe estar enfocada en las particularidades que posee el sistema, los cuales son complejos e indivisibles. A nivel internacional se han creado algunos instrumentos orientados al manejo de las playas, tal como certificaciones de playa y la capacidad de carga turística. Sin embargo, para realizar una gestión adecuada de estos espacios geográficos es primordial la participación activa de la ciudadanía, tanto la que vive en las zonas costeras como las que no. De esta participación activa depende su supervivencia económica y social (actores o intervinientes).

Este trabajo ha dejado plasmado un bosquejo de la problemática de la erosión costera en el Pacífico, sin embargo, esta situación también aqueja la costa Caribe. Zonas como Parismina en el Caribe Norte, Moín y Cieneguita en Limón Centro y hacia el sur el Parque Nacional Cahuita, principalmente en el sector de Puerto Vargas, la erosión costera ha

generado estragos. Con el terremoto de Limón en 1991 este proceso se detuvo en ciertos lugares al sur de Limón, pero Cieneguita sigue reportando el avance del mar, que han tenido que implementar sistemas de estabilización costera, que no han sido muy efectivos.

“No se puede hacer gestión en las playas desconociendo los lineamientos del manejo integrado costero, como tampoco se puede gestionar la costa desconociendo las particularidades de la playa” Botero et al. 2012.

5.6 Recomendaciones

- Realizar una valoración económica de la implicación de atender la erosión costera, lo que se pierde al dejar que avance y lo que se deja de invertir para tratar de contrarrestar (paliativamente). Tomando en cuenta el PIB, la pérdida de disponibilidad de playa, así como lo que implica diseñar obras para la protección de la costa.
- La legislación actual tiene herramientas generales para atender la gestión de las playas, por lo que es necesario un instrumento de política pública que se concentre en atender las playas. Es decir, que sea más específico para este tipo de ambiente.
- Realizar el estudio con la nueva tecnología de plataformas aéreas (drones), que permitirá una mejor apreciación de la playa y podrá ser recorrida a cabalidad.
- Promover la restauración de ecosistemas desde las comunidades costeras para la protección de la costa.
- Incentivar el manejo de cuencas hidrográficas que consideren en la zona litoral como parte integral de la cuenca, y no sólo como un punto de salida.

6 Bibliografía

- Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias (España). (2006). *Técnicas y tecnologías en hidrología médica e hidroterapia*. Madrid: Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias.
- Alfaro, E. (1993). *Algunos aspectos del Clima en Costa Rica en las últimas décadas y su relación con fenómenos de escala Sinóptica y Planetaria*. (Tesis inédita de Licenciatura). Universidad de Costa Rica, San José, CR.
- Alonso, I., Cabrera, L., Jiménez, J., Valdemoro, H., & Sánchez, I. (2007). Aplicación de la Fotogrametría a estudios de erosión costera. Presentado en Congreso de la Asociación Española de Teledetección, Mar del Plata-Argentina.
- Arias, R., Sánchez, L., & Torres, J. C. (2011). *Análisis de Competitividad Territorial y Mercado de Trabajo* (Informe Final) (p. 277). San Pedro de Montes de Oca: Instituto de Investigación de Ciencias Económicas de la Universidad de Costa Rica.
Recuperado a partir de http://www.iice.ucr.ac.cr/informes/P_721_b2_215.pdf3
- Bandera Azul Ecológica. (2017). Programa Bandera Azul Ecológica. Recuperado el 31 de mayo de 2015, a partir de <http://banderaazulecologica.org/>
- Barragán, M. (2004). *Las áreas litorales de España: Del Análisis geográfico a la gestión integrada*. Recuperado de:
<http://hum117.uca.es/grupogial/paginas/publicaciones/areaslitoralesdeespana>
- Barragán, M. (2012). *Manejo Costero Integrado en Iberoamérica: Diagnóstico y propuesta para una nueva política pública*. Cádiz: Red IBERMAR (CYTED).
- Bergoeing, J. P. (1998). *Geomorfología de Costa Rica*. San José: Instituto Geográfico Nacional.
- BIOMARCC-SINAC-GIZ (2013). *Análisis de vulnerabilidad de las zonas oceánicas y marino-costeras de Costa Rica frente al cambio climático*. Recuperado de:
<http://www.biomarcc.org/editorial.php?reg=2&cat=2>
- Bird, E. (2008). *Coastal Geomorphology: An Introduction*. Gran Bretaña: Wiley.

- Bird, E. (Ed.). (2010). *Encyclopedia of the world's coastal landforms*. Dordrecht [Netherlands]; New York: Springer.
- Blank, L. T. (1980). *Statistical procedures for engineering, management, and science*. New York: McGraw-Hill.
- Botero, C., Cabrera, J. A., & Rodríguez-Perea, A. (2013). Las playas dentro del Manejo Integrado Costero. En A. Rodríguez-Perea, *La gestión integrada de playas y dunas: experiencias en Latinoamérica y Europa*. Palma de Mallorca: Societat d'Història Natural de les Balears.
- Braga, U. (2015). *El cambio en la morfología costera, los problemas y recomendaciones para una gestión integrada en Playa Azul, distrito de Tárcoles, Costa Rica* (Tesis para optar por el grado de Maestría en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales). Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica.
- Brenes, G. (2009). *Cambio Demográfico y heterogeneidad geográfica 1978-2008* (Décimoquinto informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible). Consejo Nacional de Rectores y La Defensoría de los Habitantes. Recuperado a partir de http://estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/015/brenes_2009.pdf
- Brenes, C. (2013, setiembre). Miniciudad de playa y dos mega proyectos de uso mixto llegarán a Puntarenas a partir del 2014. *El Financiero*. Costa Rica. Recuperado a partir de http://www.elfinancierocr.com/negocios/Puntarenas-Proyectos_Inmobiliarios-Mistico-Jaco_Walk-Ocean_Mall-Ciudad_Roble-Inversion_Costarricense-Jaco_0_376762343.html
- Brugnoli Olivera, E., & Morales Ramírez, A. (2001). La comunidad fitopláctica de Punta Morales, Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 49(2), 11–17.
- Bruun, P. (1954). *Coastal Erosion and Development of Beach Profiles*, U.S. Army Beach Erosion Board Technical Memorandum, U.S. Army, Corps of Engineers. Waterways Exp. Station, Nº 44, Vicksburg, Mississippi.
- Cambers, G., & Hendry, M. (2002). *Coping with Beach Erosion*. Coastal Management Sourcebooks 1. París: UNESCO Publishing.

- Cantero, M. (2008). Vecinos de Sardinal dispuestos a frenar construcción de acueducto. *La Nación*. Recuperado a partir de http://www.nacion.com/nacional/Vecinos-Sardinal-dispuestos-construccion-acueducto_0_978102327.html
- Cárdenes, G., & Obando, L. (2005). Índice de erosión - sedimentación costera (IE-SC): Una aplicación para la costa del Pacífico Central de Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 32, 33-43.
- Castaing, A., & Granados, J. (1990). Regeneración natural en una zona deforestada del manglar de Mata Limón, Puntarenas, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 10(3), 3–10.
- Chan, E., & Craig, E. (2006). *Cocos nucifera* (coconut). En: Elevitch, C.R. (ed) Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. Permanent Agriculture Resources (PAR), Holualoa, Hawaii. Recuperado de: <http://www.agroforestry.net/images/pdfs/Cocos-coconut.pdf>
- Charlene Music & Jordan, P. (2015.). *La Gallina de los Huevos de Oro: Turismo en la Costa Pacífica de Costa Rica - Versión Educativa*. Costa Rica: The Center for Responsible Travel. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=t7JLJf9EwLk>
- Chen, S. (2014). Turismo en el Pacífico Costarricense: un análisis de la oferta y demanda. *Diálogos Revista Electrónica de Historia*, 15(2). Recuperado a partir de <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/dialogos/article/view/14015>
- Cicin-Sain, B., & Knecht, R. W. (1998). *Integrated Coastal and Ocean Management*. Washington, D.C.: Island Press.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, & Universidad de Cantabria, Instituto de Hidráulica Ambiental. (2012). *Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe*. CEPAL. Recuperado a partir de http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3996/1/S2012064_es.pdf
- Comisión Interinstitucional de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica (2008). *Estrategia Nacional para la Gestión Integral de los Recursos Marinos y Costeros de Costa Rica*. Comisión Interinstitucional de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica – CIZEE-CR. San José: Costa Rica.

- Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (Ed.). (1987). *Nuestro Futuro Común*. Oxford ; New York: Oxford University Press.
- Comisión Nacional del Mar (2013). *Política Nacional del Mar: Costa Rica 2013-2028*. Comisión Nacional del Mar-CONAMAR. San José: Costa Rica.
- CoopeSoliDar. (2015). *Dominicalito. Un pueblo de pesca artesanal en el Sur que despierta: de la resistencia a la incidencia*. CoopeSoliDar; Asociación de Pescadores Mar Nuestro. San José, Costa Rica.
- Cordero, A., & Van Duynen, L. (2002). Turismo sostenible en Costa Rica: El caso de Quepos-Manuel Antonio. *Cuadernos de Ciencias Sociales* (123), 37-54.
- Corrales-Ugalde, M., & Sibaja-Cordero, J. (2015). Macrofauna bentónica de las playas de arena del Área de Conservación Osa, Puntarenas, Pacífico Sur de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 273–285.
- Correa, I., & Alcántara-Carrió, J. (2007). Cartografía y sensores remotos aplicados al estudio de cambios históricos en la posición y configuración de la línea de costa del Caribe y Pacífico colombianos. Presentado en Congreso de la Asociación Española de Teledetección, Mar del Plata-Argentina.
- Cortés, J., & Wehrtmann, I. (2009). Diversity of marine habitats of the Caribbean and Pacific of Costa Rica. En J. Cortés, & I. Wehrtmann (Edits.), *Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America* (pp. 1-45). Berlín: Springer.
- Cortés, V. (2003). Manual preliminar de rutinas de laboratorio - Geomorfología.: Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Cuadrat, J. M., & Pita. M. F. (1997). Climatología. Madrid: Ediciones Cátedra.
- Dean, R. G. (1977). *Equilibrium beach profiles: US Atlantic and Gulf Coasts*. Department of Civil Engineering, Report 12, University of Delaware, Newark.
- Dean, R. G. (1987). *Coastal Sediment Processes: Toward Engineering Solutions*. Proceedings, Coastal Sediments, American Society of Civil Engineers.
- Dean, R. G. (1991). Equilibrium Beach Profile: Characteristics and Applications. *Journal of Coastal Research*, 7(1), 53–84.

- Degnbol, P., Gislason, H., Hanna, S., Jentoft, S., Raakjaer Nielsen, J., ... & Clyde Wilson, D. (2006). "Painting the floor with a hammer" Technical fixes in fisheries management. *Marine Policy*, **30**(5), 534–543.
- Denyer, P., Aguilar, T., & Montero, W. (2013a). *Mapa Geológico de la Hoja Carrillo Norte*. Geológico, Universidad de Costa Rica y Ministerio de Ambiente y Energía. Recuperado a partir de http://www.geologia.go.cr/mapas/mapas_geologicos/carrillo_norte.pdf
- Denyer, P., Aguilar, T., & Montero, W. (2013b). *Mapa Geológico de la Hoja Matapalo*. Universidad de Costa Rica y Ministerio de Ambiente y Energía. Recuperado a partir de http://www.geologia.go.cr/mapas/mapas_geologicos/matapalo.pdf
- Denyer, P., & Alvarado, G. (2007). *Mapa Geológico de Costa Rica 2007*. Geológico, Librería Francesa S.A.
- Denyer, P., & Cárdenes, G. (2000). Costas Marinas. En P. Denyer, & S. Kussmaul, *Geología de Costa Rica* (pp. 185-218). Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Denyer, P., Arias, O., & Persinous, S. (1994a). Efecto tectónico del terremoto de Limón. *Revista Geológica de América Central*, vol. esp., 39-52.
- Denyer, P.; & Kussmaul, S. (2000). Introducción: aspectos generales y filosóficos. En *Geología de Costa Rica* (Primera, pp. 9–14). Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Denyer, P., Personius, S., & Arias, O. (1994b). Generalidades sobre los efectos geológicos del Terremoto de Limón. *Revista Geológica de América Central*, vol. esp., 29-38.
- Dexter, D. M. (1974). Sandy beach fauna of the Pacific and Atlantic coast of Costa Rica and Colombia. *Revista de Biología Tropical*, **22**, 51-66.
- Dyer, K. (1986). *Coastal and Estuarine Sediments Dynamics*. Gran Bretaña: Wiley
- El Guardián. (2016). Proceso para concesionar extracción de material en ríos y tajos es ineficiente. El Guardián. Recuperado de <http://elguardian.cr/proceso-para-concesionar-extraccion-de-material-de-rios-y-tajos-es-ineficiente/>
- Estado de la Nación (2007). Aporte especial: Diversidad de destinos y desafíos del turismo en Costa Rica: los casos de Tamarindo y La Fortuna. Decimotercero Informe Estado

de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José, Programa Estado de la Nación.

Fernández, E. (2011, marzo 19). Agua dividió la "cola de ballena". *Al Día*. San José.

Recuperado a partir de

http://www.aldia.cr/ad_ee/2011/marzo/19/nacionales2719241.html

Friedman, G., & Sanders, J. (1978). Chapter 3: Properties of Sedimentary Particles. En *Principles of Sedimentology* (pp. 58–81). New York: John Wiley & Sons.

Garita, A. (2012, julio 5). Fuerte oleaje obligó a desalojar a vecinos de 10 casas en Caldera.

Al Día. Recuperado a partir de

http://www.aldia.cr/ad_ee/2012/julio/05/nacionales3233621.html

Garita, A. (2013, abril 16). Fuerte Marea Sorprende a Vecinos. *La Nación*. Recuperado de:

http://www.nacion.com/nacional/comunidades/Fuerte-marea-sorprende-vecinos-Caldera_0_1335866456.html

Garita, A. (2014, julio 54). Familias de Caldera durmieron a la intemperie para cuidar sus pertenencias. *La Nación*. Recuperado de:

http://www.nacion.com/sucesos/seguridad/Familias-Caldera-durmieron-intemperie-pertenencias_0_1424857601.html

González, C., & Vilaboa, R. (2010). Tendencias del desarrollo en el cantón de Santa Cruz, Guanacaste. Periodo 1979- 2009. Instituto de Formación y Capacitación Municipal y de Desarrollo Local, Universidad Estatal a Distancia. Recuperado a partir de

<http://www.uned.ac.cr/extension/images/ifcmdl/213/CONTENIDO.pdf>

González, F. (24 de octubre del 2014). 114 mil personas viven en riesgo por cercanía con el mar, advierte Ministro de Vivienda. *Amelia Rueda.com*. Recuperado de:

<http://www.ameliarueda.com/nota/114-mil-personas-viven-en-riesgo-por-cercania-con-el-mar-advierte-ministro->

Granados, G. (2017, marzo 22). Conozca las 105 playas más limpias de Costa Rica. *La Prensa Libre*. San José. Recuperado a partir de

<https://www.laprensalibre.cr/Noticias/detalle/106483/conozca-las-105-playas-mas-limpias-de-costarica->

- Guell-Vargas, D., Pineda-Ledezma, E., & Salas-González, D. (2000). *Procesos hidrogeomorfológicos de transporte y sedimentación del sistema Lagunar de Mata de Limón*. (Práctica Dirigida). Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Sociales, Escuela de Geografía. Recuperado a partir de <https://onedrive.live.com/?authkey=%21AOGWjYdibxWxgpA&cid=648B206E10BCEF77&id=648B206E10BCEF77%21177&parId=648B206E10BCEF77%21118&o=OneUp>
- Guevara, M. (2013). Extracción de materiales amenaza varios ríos de Parrita. *La Nación*. Recuperado de http://www.nacion.com/nacional/Extraccion-materiales-amenaza-rios-Parrita_0_1351864858.html
- Harman, B. P., Heyenga, S., Taylor, B. M., & Fletcher, C. S. (2015). Global Lessons for Adapting Coastal Communities to Protect against Storm Surge Inundation. *Journal of Coastal Research*, 314, 790–801. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-13-00095.1>
- Herrera, M. J., Villanueva, I., & Lescouflair, P. (2010). Diseño Paisajístico Playas del Coco. Programa de Voluntariado, Universidad de Costa Rica. Recuperado a partir de <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/11337>
- Honey, M., Vargas, E., & Durham, W. (2010). Impacto del turismo relacionado con el Desarrollo en la Costa Pacífica de Costa Rica. Center for Responsible Travel.
- ICSF, & CoopeSoliDar. (2012). Conservación de Áreas Marinas Protegidas: ¿y su gente? Recuperado a partir de http://www.eco-index.org/search/pdfs/966report_11.pdf
- Instituto Costarricense de Turismo (2010). *Plan Nacional de Turismo Sostenible de Costa Rica 2010-2016: Resumen Ejecutivo*. Instituto Costarricense de Turismo. Recuperado de: http://www.visitcostarica.com/ict/backoffice/treeDoc/files/59A5_Resumen%20del%20plan%20%20julio%2020112.pdf
- Instituto Costarricense de Turismo (2015a). Anuario estadístico de turismo 2015. Instituto Costarricense de Turismo. Consultado el 20 de enero del 2017. disponible en: <http://www.ict.go.cr/es/documentos-institucionales/estad%C3%ADsticas/informes-estad%C3%ADsticos/anuarios/2005-2015/873-anuario-de-turismo-2015/file.html>

- Instituto Costarricense de Turismo (2015b). Estimación del porcentaje de turistas que realizaron las siguientes actividades Periodo 2010-2014. Consultado el 20 de enero. 2017 en: <http://www.ict.go.cr/es/documentos-institucionales/estad%C3%ADsticas/cifras-tur%C3%ADsticas/actividades-realizadas/568-3-3-1-principales-actividades-realizadas/file.html>
- Instituto Costarricense de Turismo. (2015c). *Motivo principal de la visita*. Recuperado a partir de <http://www.ict.go.cr/es/documentos-institucionales/estad%C3%ADsticas/cifras-tur%C3%ADsticas/actividades-realizadas/893-principales-actividades-realizadas-2014-2015/file.html>
- Instituto Costarricense de Turismo (2016). Estimación del porcentaje de turistas que realizaron los siguientes grupos de actividades Periodo 2014-2015. Consultado el 20 de enero. 2017 en: <http://www.ict.go.cr/es/documentos-institucionales/estad%C3%ADsticas/cifras-tur%C3%ADsticas/actividades-realizadas/568-3-3-1-principales-actividades-realizadas/file.html>
- Instituto Costarricense de Turismo. (2017). Divisas por concepto de Turismo. Recuperado a partir de <http://www.ict.go.cr/es/documentos-institucionales/estad%C3%ADsticas/cifras-econ%C3%B3micas/costa-rica/960-divisas-por-concepto-de-turismo/file.html>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (1973). Censo Nacional de Población y Vivienda 1972. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Consultado el 20 de enero 2017, disponible en: inec.go.cr
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (1984). Censo Nacional de Población y Vivienda 1984. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Consultado el 20 de enero 2017, disponible en: inec.go.cr
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (2000). Censo Nacional de Población y Vivienda 2000. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Consultado el 20 de enero 2017, disponible en: inec.go.cr

- Instituto Nacional de Estadística y Censos (2011a). X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda 2011. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Consultado el 20 de enero 2017, disponible en: inec.go.cr
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2011b). X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda 2011: Características Económicas. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Recuperado de http://www.inec.go.cr/sites/default/files/documentos/inec_institucional/estadisticas/resultados/reconomcenso2011-08.pdf.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2016) Encuesta Nacional de Hogares – ENAHO. Recuperado de: <http://www.inec.go.cr/pobreza-y-desigualdad/desigualdad>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2013). Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (AR5), Climate Change 2013: The physical science basis. Panel Intergubernamental para el Cambio Climático. Recuperado de: <http://www.ipcc.ch/>
- Jiménez, E. (2016, setiembre). Mar amenaza escuela, hotel y dos casas en Esterillos. *La Nación*. Recuperado a partir de http://www.nacion.com/nacional/Mar-amenaza-escuela-casas-Esterillos_0_1587041299.html
- Knauss, J. (1978). *Introduction to Physical Oceanography*. Nueva Jersey: Prentice-Hall.
- Knezek, E. (1997). *Equilibrium Beach Profile. Measurement and Sediment Analysis: Mustang Island, Texas*. (Tesis inédita de maestría). Texas A&M University, Texas.
- Lalli, C. M., & Parsons, T. R. (2006). *Biological oceanography: an introduction* (2. ed., reprinted). Amsterdam: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Ley sobre la Zona Marítimo Terrestre N°6043. Sistema Costarricense de Información Judicial. Recuperado de: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=32006&nValor3=96422¶m2=1&strTipM=TC&lResultado=4&strSim=simp

- Linkimer, L., Arroyo, I., Mora, M., Vargas, A., Soto, G., Barquero, R., Rojas, W., Taylor, W., & Taylor, M. (2013). El terremoto de Sámara (Costa Rica) del 5 de setiembre del 2012 (Mw 7,6). *Revista Geológica de América Central*, 49, 73-82.
- Lizano, O. (2006). Algunas características de las mareas en la Costa Pacífica y Caribe de Centroamérica. *Ciencias y Tecnología*, 24(1), 51-64.
- Lizano, O. (2007). Climatología del viento y del oleaje frente a las costas de Costa Rica. *Ciencia y Tecnología*. 25. 43-56.
- Lizano, O. (2013). Erosión en las playas de Costa Rica, incluyendo la Isla del Coco. *InterSedes*, 14(27), 6-27.
- Lizano, O. (2014). Algunos impactos costeros en Costa Rica debido al calentamiento global. *Ambientico*, 246, 23-28.
- Lizano, O., & Salas, D. M. (2001). Variaciones geomorfológicas de la Isla Damas, Quepos en los últimos 50 años. *Revista de Biología Tropical*, 49(Supl. 2), 171-177.
- Madrigal, L. (2016). *Erosión en playa de Esterillos oeste pone en riesgo a familias y afecta turismo en la zona*. La Nación. Recuperado de http://www.nacion.com/nacional/vivienda/Video-Erosion-Esterillos-familias-turismo_3_1589871007.html
- Martín Cordero, J. E. (2013). *Rehabilitación: agentes físicos terapéuticos*. La Habana: ECIMED, 2008
- Ministerio de Ambiente y Energía (2017). *Política Nacional de Humedales 2017-2030*. Gobierno de la República de Costa Rica, Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Proyecto Humedales, Política Nacional de Humedales Costa Rica, Ministerio de Ambiente y Energía, Global Environment Facility (GEF) y Programas de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Recuperado de: <http://presidencia.go.cr/wp-content/uploads/2017/03/Politica-Nacional-de-Humedales-1.pdf>
- Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. (2009). *Costa Rica 2009. Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. San José: MINAET, IMN, GEF, PNUD.

- Montero, W. (2000). Geotectónica. En P. Denyer, & S. Kussmaul, *Geología de Costa Rica* (pp. 115-132). Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Mora, S. (1993). Una revisión y actualización de la clasificación morfotectónica de Costa Rica, según la teoría de la tectónica de placas. Recuperado de <http://www.cridlac.org/digitalizacion/pdf/spa/doc11687/doc11687.htm>
- Mora, S., & Valverde, R. (2005). *Geología: Procesos de la dinámica interna y externa*. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Mora Rodríguez, F. (2013). *Morfodinámica litoral de Boca Zacate, su impacto en la cobertura del bosque de mangle y su relación con las actividades económicas de los habitantes de Sierpe, cantón Osa, Costa Rica: Recomendaciones para una Gestión Integrada* (Tesis para optar por el grado de Maestría en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales). Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica.
- NOAA. (2017). NOAA WaveWatch III [Environmental Modeling Center, National Weather Service]. Recuperado a partir de <http://polar.ncep.noaa.gov/waves/index2.shtml?>
- Oreskes, N. (2004). Beyond the Ivory Tower: The scientific consensus on climate change. *Science* 306:1686. doi: 10.1126/science.113618
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2001). De costa a costa. UNESCO Recuperado a partir de <http://www.unesco.org/csi/wise/wise6s.htm>
- Ortiz, E. (2008). Cambios geomorfológicos en el litoral Caribe y Pacífico de Costa Rica. Caso del Complejo Deltaico de Sierpe. Kurú: *Revista Forestal*, 5(15), 1-10.
- Palacio, J. L. (2013). Geositios, geomorfositos y geoparques: importancia, situación actual y perspectivas en México. *Investigaciones Geográficas*, (82), 24-37.
- Panel Intergubernamental para el Cambio Climático - IPCC (2013). Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (AR5). Climate Change 2013: The physical science basis. Panel Intergubernamental para el Cambio Climático. Recuperado a partir de: <http://www.ipcc.ch/>

- Panizza, M. (2001). Geomorphosites: Concepts, methods and examples of geomorphological survey. *Chinese Science Bulletin*, 46(S1), 4–5.
<https://doi.org/10.1007/BF03187227>
- Pickard, G., & Emery, W. (1982). *Descriptive Physical Oceanography*. Gran Bretaña: Pergamon International Library.
- Pino, M., & González, C. (2008). Guía Práctica de geología costera y playas. En J. P. Bergoeing G, & L. G. Brenes Quesada, *Prácticas de la Geografía* (Vol. 2, pp.119-138). Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2014). Atlas del Desarrollo Humano Cantonal 2016: Documento Metodológico. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y Escuela de Estadística de la Universidad de Costa Rica.
- Protti, M. (2014, marzo). *Terremoto de Nicoya 2012*. Auditorio de la Facultad de Ciencias Sociales.
- Protti, M., González, V., Newman, A. V., Dixon, T. H., Schwartz, S. Y., Marshall, J. S., ... Owen, S. E. (2013). Nicoya earthquake rupture anticipated by geodetic measurement of the locked plate interface. *Nature Geoscience*, 7(2), 117–121.
<https://doi.org/10.1038/ngeo2038>
- Pugh, D. (2004). *Changing Sea Levels: Effects of tides, weather and climate*. Cambridge University Press. United Kingdom.
- Quesada, M. A. (2006). Playas. En CIMCZZE, V. Nielsen Muñoz, & M. Quesada Alpizar (Edits.), *Informe Técnico: Ambientes Marino Costeros de Costa Rica* (pp.17-22). San José: Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica.
- Ramos, A., & Guerrero, D. S. (2010). *El Suelo Costero*. Propuesta para su reconocimiento. Bogotá: Procuraduría General de la Nación, Instituto de Estudios del Ministerio Público, Fundación MarViva.
- Retana, J., Alvarado, L., Araya, C., Solano, J., Solera, M., & Alfaro, M. (2012). Caracterización del corredor seco en Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 11(1), 18–30.

- Román, M. (2007). Desarrollo turístico e inmobiliario costeros y preocupaciones ambientales. Estado de la Nación. Recuperado a partir de <http://unpan1.un.org/intrdoc/groups/public/documents/icap/unpan030197.pdf>
- Schwartz, M. L. (Ed.). (2005). *Encyclopedia of coastal science*. Dordrecht ; [London]: Springer.
- Sibaja-Cordero, J. A., Camacho-García, Y. E., & Vargas-Castillo, R. (2014). Riqueza de especies de invertebrados en playas de arena y costas rocosas del Pacífico Norte de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 63. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.20033>
- SIGMAR (2007). AMUM Nicoya-Pacífico Sur. Sistema de Información Geográfica del Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad de Costa Rica.
- Smith, T., Reynolds, R., Peterson, T., & Lawrimore, J. (2008). Improvements to NOAA's Historical Merged Land-Ocean Surface Temperature Analysis (1880-2006). *Journal of Climate*. 21. 2283-2296. doi: 10.15517/rbt.v62i4.20033
- Solano, L. (2011). Desarrollo turístico e inmobiliario para playas del Coco. *Revista de Ciencias Ambientales*, 42(2), 19. <https://doi.org/10.15359/rca.42-2.2>
- Soto, M. (2012). El mar le gana terreno a playas ticas debido al cambio climático. *La Nación*. Recuperado a partir de http://www.nacion.com/archivo/terreno-playas-debido-cambio-climatico_0_1244475610.html
- Soto, S. (2007). Gestión de los residuos sólidos municipales. Estado de la Nación. Recuperado de: http://estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/013/Gestion-recursos-solidos-municipales.pdf
- Sojo, C. (2010). *Igualitarios: la construcción social de la desigualdad en Costa Rica* (1. ed). San José, Costa Rica: FLACSO-Costa Rica: PNUD.
- Spanier, M. (2009). Beach erosion and nest site selection by the leatherback sea turtle *Dermochelys coriacea* (Testudines: Dermochelyidae) and implications for management practices at Playa Gandoca, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 58(4). <https://doi.org/10.15517/rbt.v58i4.5408>

- Stewart, R. (2005). *Our Ocean Planet, Oceanography in the 21st Century*-An online Textbook. Recuperado de: <http://oceanworld.tamu.edu/resources/oceanography-book/typesofcoasts.htm>
- Strahler, A. N., & Strahler, A. H. (1989). *Geografía física*. Barcelona: Omega.
- Tarbuck, E. J., & Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra: una introducción a la geología física*. Madrid: Pearson-Prentice Hall.
- The Royal Society and the US National Academy of Science. (2014). Climate Change: Evidence & Causes. An overview from the Royal Society and the US National Academy of Science. The Royal Society. Recuperado a partir de: https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/projects/climate-evidence-causes/climate-change-evidence-causes.pdf
- Thurman, H., & Trujillo, A. (1999). *Essentials of Oceanography*. Nueva Jersey: Prentice Hall.
- United States Department of Agriculture - USDA. (1987). Soil Mechanics Level I. Module 3: USDA Textural Soli Classification, Study Guide. United States Department of Agriculture. Recuperado a partir de https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044818.pdf
- Vargas, E. (2010). Impactos ambientales de los desarrollos turísticos y residenciales. Center for Responsible Travel. Recuperado a partir de http://www.responsibletravel.org/resources/documents/Coastal-tourism-documents/Impactos_Ambientales_de_los_Desarrollos_Tur%C3%ADsticos_y_Residenciales.pdf
- Vargas, G. (2006). *Geografía de Costa Rica*. San José: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Vargas, G. (2012). Espacio y territorio en el Análisis geográfico. *Revista Reflexiones*, 91(1), 313–326.
- Villareal, J. D. (2016 5). Mundial de Surf en Jacó será del 6 al 14 de agosto. *La Nación*. Recuperado a partir de http://www.nacion.com/deportes/surf/Mundial-Surf-Jaco-agosto_0_1552844775.html

World Food Programme (WFP). (2002). Standardized Food and livelihood Assessment Central America PRRO preparation - Final Draft. Recuperado a partir de <http://reliefweb.int/report/el-salvador/standardized-food-and-livelihood-assessment-support-central-american-prro>

A. Erosión Costera

1. Sabe usted ¿Qué es la erosión costera?

1) Si

2) No (Fin de la entrevista)

2. Podría definir ¿qué es erosión costera?

3. ¿Tiene conocimiento de qué produce la erosión de las playas?

1) Si

2) No (Pase a la pregunta 11)

4. De estos elementos cuáles cree usted que produce la erosión costera

1) Oleaje

5) Ser humano

2) Mareas

6) Terremotos

3) Viento

7) Mala gestión de cuencas

4) Corrientes marinas (deriva
litoral)

8) Otro: _____

5. Ha tenido usted que lidiar con el problema de la erosión costera

1) Si

2) No (Pase a la pregunta 13)

6. ¿Dónde ha tenido que lidiar con ella?

1. ¿Qué afecta la erosión costera?

1) Infraestructura vial

2) Casas de habitación

3) Edificios

4) Vegetación

5) Infraestructura Portuaria

6) Disponibilidad de la playa

7) Otros: _____

2. ¿Cómo afecta?

3. ¿Sabe usted cuál es el costo económico que implica atender la erosión costera?

1) Si

2) No (Pase a la pregunta 17)

4. Puede indicar un monto aproximado (en colones): _____

5. ¿Conoce alguna técnica para combatir la erosión costera?

1) Si

2) No (Pase a la pregunta 22)

18. ¿Cuál o cuáles son las técnicas que usted conoce? Anote en la casilla correspondiente el porqué considera que la técnica es efectiva (100%), que no lo es (0%) o que a veces lo es (50%).

	Técnica	¿Es efectiva?		
		Si	No	A veces
1)				
2)				
3)				
4)				
5)				

1. Además de las técnicas mencionadas, habrá alguna otra solución al problema de erosión costera

a) Si

b) No (Pase a la pregunta 21)

2. Por favor mencionar ejemplos:

3. De acuerdo con su conocimiento, ¿Cuál sería una forma adecuada de atender la erosión de las costas en Costa Rica?

4. ¿Quién debería atenderla? (institución)

5. Comentarios:

Anexo 3 Glosario

Acantilado: es un escarpe rocoso al borde del mar. *Acantilado vivo* recibe el embate del mar y es modelado continuamente. El *acantilado muerto* ya no es modelado directamente por el oleaje por la construcción de un estrán o bien, por el levantamiento tectónico de la costa o incluso por la acción antrópica que modifica los litorales.

Bahía: abrigo costero de la línea d costa que adopta una forma cóncava por efecto de la erosión marina y puede permitir el desarrollo portuario.

Basculamiento: es el grado de inclinación entre una estructura y el plano horizontal.

Bento: conjunto de organismo fijos o móviles que viven en el fondo del mar o sustrato marino. Se divide según su tamaño (macro o micro bentos), por su naturaleza (zoobentos, fitobentos), o según el medio elegido de vida (halobento, limobento, potabento).

Berma: Zona seca con una ligera inclinación en la paya alta, al pie de los acantilados litorales o las dunas.

Bioclasto: fragmento de origen biológico presente en una roca sedimentaria, habitualmente los restos del esqueleto calcáreo de organismos marinos (fósiles).

Cretácico: es el tercer y último período de la Era Mesozoica. Comenzó hace 145.5 millones de años y terminó hace 65.5 millones de años.

Cordón litoral (línea litoral): Línea que marca el contacto entre la tierra y el mar. Migra hacia arriba y abajo conforme la marea sube o baja.

Cuenca hidrográfica: Área total de una trama hidrográfica evacuada por un colector principal que se dirige generalmente al mar.

Cuspedo: ondulaciones (lomo) en la playa en la región de marea alta, producto de las corrientes de resaca.

Decantación: método físico para la separación de mezclas heterogéneas, se separa un sólido o líquido más denso de otro fluido menos denso.

Deriva litoral: Corriente marina costera que modela y crea cordones litorales (playas). En el sistema de circulación costera inducido por las olas, tiene gran importancia el ángulo de incidencia de los frentes de las olas, el cual está controlado a su vez por la orientación de la costa respecto a los vientos dominantes y a los frentes de mal tiempo. Este proceso tiene importancia en la formación de flechas litorales e islas barrera.

Dique: barrera construida para evitar que las olas alcancen el área situada detrás del muro. Su propósito es proteger los bienes de la fuerza de las olas.

Ecosistema: es la unidad de estudio de la ecología, delimitada espacial y temporalmente. El ecosistema está integrado por organismos vivos, el medio en que éstos se desarrollan y las interacciones de los organismos entre sí y con el medio.

ENOS: El Niño – Oscilación del Sur es un fenómeno oceánico-atmosférico que consiste en la interacción de las aguas superficiales del Océano Pacífico con la atmósfera. Tienen tres fases, la cálida *El Niño*, la fría *La Niña* y la neutra.

Erosión costera: incorporación y transporte de material por un agente dinámico, como el agua, el viento y el hielo.

Flecha litoral o barrera litoral: es una tierra o arena que se forma por medio de la acumulación de material paralela a la línea de costas.

Fotogrametría: Técnica para determinar las propiedades geométricas de los objetos y las situaciones espaciales a partir de imágenes fotográficas

Fotointerpretación: Técnica para obtener mapas y planos de grandes extensiones de terreno por medio de la fotografía aérea.

Geomorfología: estudio de las formas de la superficie terrestre para descubrir, entender su génesis.

Geomorfología litoral: estudio de las formas de relieve en la zona costera como barras, tómbolos, arcos, flechas; y también procesos de erosión y sedimentación costera.

Granulometría de arenas: método mecánico para separar el sedimento de arena por tamaño de grano.

Jurásico: periodo geológico central de la Era Mesozoica y comenzó hace 199.6 millones de años y se acabó hace 145.5 millones de años.

Línea de costa: borde del lado del mar del litoral. Límite del lado de tierra del efecto de las olas temporal más altas en la costa.

Marea astronómica: Aumento y disminución periódica de la superficie del océano debido a la atracción gravitacional del sol y la luna, actuando sobre la rotación de la Tierra.

Marea astronómica extraordinaria: marea más alta que las promedio ocasiona por la atracción entre la Luna, a Tierra y el Sol.

Marejada de fondo (swell): oleaje de gran altura generado por el viento sobre la

superficie del océano en tormentas intensas que ocurren a lo largo del año y en intervalos cortos, especialmente durante los inviernos. El oleaje es remoto con crestas largas, superficie lisa que puede llegar con suficiente energía o altura y causar algún impacto especialmente cuando se presenta en tiempos de mareas altas y/o extraordinarias.

Nivel medio del mar: es el nivel del mar que sirve como referencia para ubicar la altitud de las localidades y accidentes geográficos. Dado que no es constante debido a las mareas, ni tampoco es igual en toda la Tierra, cada país toma un nivel determinado en un lugar u momento determinado. EN costa Rica se levantó en la década de los 60, para la ciudad de Puntarenas, dentro del golfo de Nicoya.

Paisaje: es el resultado de la interacción entre la sociedad y la naturaleza, que tiene como base una porción de espacio material que existe con estructura y sistema ecológico.

Pendiente: inclinación de una vertiente, de una superficie, de un perfil.

Perfil de equilibrio de playa: es el perfil que se produce en una playa con un tamaño de grano concreto expuesta a unas condiciones de oleaje constante. No presenta erosión ni sedimentación.

Plancton: conjunto de organismos vivos que flotan pasivamente en la superficie de las aguas.

Playa: acumulación de sedimentos que se encuentra a lo largo del borde continental del océano o de un lago.

Pleamar ordinaria: Contorno o curva de nivel que marca la altura de 115 cm sobre el medio del nivel del mar para el Pacífico. En el Atlántico es el contorno que marca la altura son 20 cm sobre el nivel del mar.

Psamoterapia: es la terapia con arenas que estimula la circulación sanguínea, tratar inflamaciones, dolores musculares y a los huesos, enfermedades como la artritis, reumatismo y trastornos nerviosos.

Refracción de las olas: cambio de dirección de las olas cuando entran en aguas someras. La parte del oleaje en aguas someras se ralentiza, lo que provoca que las olas se curven y alineen con el contorno subacuático.

Región: área o zona de dominio con características homogéneas de algunos elementos, los cuales puede ser físicos (vegetación, fauna, clima, morfología), o culturales (industrialización, urbanización, religión), características socioeconómicas.

Rompeolas: estructura que protege un área del litoral de las olas que rompen en él.

Sedimentación: acumulación de sedimentos.

Sedimento: partículas no consolidadas creadas por la meteorización y la erosión de rocas, por precipitación química de soluciones acuosas o por secreciones de organismos, y transportadas por el agua o el viento.

Sucesión vegetal: es un proceso ordenado de desarrollo de las comunidades vegetales. Comprende un cambio o reemplazo gradual y ordenado de una población por otra, es un espacio y tiempo determinado. En la sucesión se producen cambios numéricos dentro de la población, cambios estructurales y florísticos.

Tómbolo: barra de arena que conecta una isla con el continente o con otra isla.

Zona Costera: Es la zona de influencia directa y mutua entre el mar litoral y el borde continental, donde los factores y procesos ambientales de ambas presentan un grado de traslape efectivo, se dan a otros procesos ambientales y bióticos específicos. De acuerdo con la UNESCO es una franja de 200 km a partir del litoral. Para Costa Rica, la Ley

de Zona Marítimo Terrestre establece una franja de 200 m a partir de la pleamar.

Zona Intermareal: es el área de interacción de las mareas y las olas;

Zona Marítimo Terrestre (ZMT): Franja de 200 m a todo lo largo de los litorales Pacífico y Atlántico.

Zona pública: Es la franja de 50 m de ancho desde la pleamar, los islotes, peñascos, y demás formaciones naturales que sobresalgan del mar.

Zona Restringida: Constituida por la franja de los 150 m restantes de la zona marítimo terrestre. Es la única que puede ser dada en concesión.

Zona submareal: es la zona Interior que va del mar hacia la línea de marea baja (bajamar).

Zona supramareal: es la playa seca que va desde la línea de marea alta (pleamar) hacia el continente.

"Y sellamos nuestra unión en ese mar, el sitio más hermoso sobre la tierra"

-Anacristina Rossi