

UNIVERSIDAD NACIONAL

SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS MARINAS Y COSTERAS

CON ENFÁSIS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS Y COSTEROS

PROYECTO DE TESIS

**RELACIÓN DE LA COMUNIDAD DE CANGREJOS CON LOS
PROCESOS EROSIVOS DE LA PLAYA PUERTO VARGAS, PARQUE
NACIONAL CAHUITA, LIMÓN, PARA EL PLANTEAMIENTO DE
ACCIONES DE CONSERVACIÓN**

Por

LIC. MAXIMILIANO LAGUNA CRUZ

Puntarenas, Costa Rica

2021

**RELACIÓN DE LA COMUNIDAD DE CANGREJOS CON LOS
PROCESOS EROSIVOS DE LA PLAYA PUERTO VARGAS, PARQUE
NACIONAL CAHUITA, LIMÓN, PARA EL PLANTEAMIENTO DE
ACCIONES DE CONSERVACIÓN**

LIC. MAXIMILIANO LAGUNA CRUZ

Tesis presentada para optar al grado de Magíster Scientiae en Ciencias Marinas y Costeras con énfasis en manejo de los recursos marinos y costeros. Cumple con los requisitos establecidos por el Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional. Heredia. Costa Rica.

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Dra. Damaris Castro García
Representante del Consejo Central de Posgrado

M. Sc. Cristian Fonseca Rodríguez
Coordinador del posgrado o su representante

Dra. Lilliana Piedra Castro
Tutora de tesis

M. Sc. Didiher Chacón Chaverri
Miembro del Comité Asesor

Dr. José Pereira Chaves
Miembro del Comité Asesor

Lic. Maximiliano Laguna Cruz
Sustentante

RESUMEN

El Caribe ha sido identificado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) como una región vulnerable, debido a la emisión de gases de efecto invernadero, los cuales incrementan la capacidad de la atmósfera terrestre para retener calor. Esta situación da lugar al fenómeno del calentamiento global y acidificación de los océanos, lo cual conlleva al blanqueamiento y pérdida de estructuras coralinas que, aunado al incremento en el nivel del mar, modifican la fuerza con la cual las olas llegan a las playas arenosas, generando erosión costera. Entre las especies que habitan este ecosistema erosionado destacan las tortugas, monos congo y cariblanco, osos perezosos, aves marinas y migratorias, tucanes, garzas, serpientes, mapaches, pizotes, cangrejos, entre otras. A su vez, se reconoce que en una misma playa puede haber variaciones en los procesos erosivos debido a que no existe un transporte longitudinal de sedimentos, ya que su movimiento se da en dirección al mar. Esto da lugar a unidades de costa que pueden ser diferentes a lo largo de una misma playa, pero que tendrán las mismas características para actuar y reaccionar según la fuerza de acción del ecosistema. Esta situación sugiere que hay una modificación de la comunidad de cangrejos que habitan en las playas arenosas para hacerle frente a estos acontecimientos naturales. Además, los cangrejos excavadores reducen directamente la estabilidad del sedimento, a medida que los bancos de arena son perforados para producir sus madrigueras, propiciando la erosión lateral y socavación. Finalmente, el banco de arena se derrumba cuando la parte socavada sucumbe a la gravedad. Por ende, el presente estudio tuvo como objetivo relacionar la comunidad de cangrejos con los procesos erosivos de la playa Puerto Vargas del Parque Nacional Cahuita, Limón, para el planteamiento de acciones de conservación. El trabajo de campo se llevó a cabo entre mayo y diciembre del 2018, contó con apoyo logístico del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (Sinac), del equipo técnico de la Universidad Nacional (UNA), Costa Rica y del Centro Nacional de Alta Tecnología (Cenat). A lo largo de esta playa (8 km) se seleccionó cuatro sitios de muestreo que evidenciaron signos de erosión y cuatro sin signos de erosión. Para seleccionarlos se emplearon tres criterios: la pendiente, los taludes y las raíces expuestas; además, en cada sitio se realizaron seis réplicas (una en cada luna llena) y, a su vez, se midieron tres zonas: la intermareal, media litoral y supralitoral. Primeramente, se creó una línea base de la comunidad de cangrejos excavadores, luego se estableció su relación de abundancia con los procesos erosivos según los parámetros físicoquímicos de temperatura, salinidad, pH, pendiente y ancho de playa utilizando el modelo Poisson en SPSS, así como clúster en Excel. Los datos muestran relación entre la mayor abundancia de cangrejos que se encuentra en la playa con procesos erosivos. En esta playa, la abundancia absoluta presenta un rango de dispersión para la especie *Ocypode quadrata* de 0 a 6 y para *Uca thayeri* de 0 a 8,8, mientras que en la playa sin procesos erosivos, la abundancia absoluta presentó un rango de dispersión para *O. quadrata* de 0 a 5 y para *U. thayeri* de 0,5 a 4. Al analizar los factores abióticos que influyen en la abundancia de cangrejos, los resultados señalan que la pendiente en la zona intermareal con procesos erosivos juega un papel relevante en la abundancia de cangrejos excavadores. También, la temperatura explica la abundancia de cangrejos excavadores en los sitios sin procesos erosivos. Estos factores son determinantes para el aporte de alimentos de estas especies, las cuales no están adaptadas para colonizar otros ambientes y su alteración puede llegar a modificar poblaciones y comunidades, alterar la red trófica y, en última instancia, reducir la resiliencia del ecosistema. Finalmente, se concluye que de acuerdo con las características morfológicas que se encuentran en la playa, hay una relación significativa entre la abundancia del cangrejo excavador *O. quadrata* y *U. thayeri* con el ancho de playa. Esto sugiere que de continuar la erosión costera es posible que los cangrejos excavadores se extingan localmente, alterando la riqueza del lugar. Entre las principales medidas para amortiguar la erosión costera se sugiere repoblar con arrecifes artificiales las zonas muertas de la cresta y restaurar el borde de playa por medio de la siembra de especies vegetales, como: almendro de playa, uva de playa, icaco y sangrillo.

Palabras claves: erosión costera, cangrejos excavadores, playas arenosas, Parque Nacional Cahuita, Costa Rica.

ABSTRACT

The Caribbean has been identified by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) as a vulnerable region, due to the emission of greenhouse gases which increase the capacity of the Earth's atmosphere to retain heat. Giving rise to the phenomenon of global warming and acidification of the oceans, which leads to the bleaching and loss of coral structures that, added to the increase in sea level, modify the force with which the wave reaches the sandy beaches, generating coastal erosion. Among the species that inhabit this eroded ecosystem are turtles, howler monkeys and white-faced monkeys, sloth bears, sea and migratory birds, toucans, herons, snakes, raccoons, coatis, crabs, among others. At the same time, it is recognized that on the same beach there may be variations in the erosive processes due to the fact that there is no longitudinal transport of sediments and that their movement occurs in the direction of the sea. Giving rise to coastal units that can be different along the same beach, but that will have the same characteristics to act and react according to the force of action of the ecosystem. This situation suggests that there is a modification of the community of crabs that inhabit the sandy beaches to cope with these natural events. In addition, burrowing crabs directly reduce the stability of the sediment, as the sandbars are drilled to produce their burrows, it favors lateral erosion and scour, finally the sandbar collapses when the undermined part succumbs to gravity. Therefore, the present study aims to relate the crab community with the erosive processes of the Puerto Vargas beach of the Cahuita National Park, Limón, for the planning of conservation actions. The field work was carried out between May and December 2018, with logistical support from the National System of Conservation Areas (SINAC), the technical team of the National University (UNA), Costa Rica and the National Center of Alta Technology (CeNAT). Along this beach (8 km), four sampling sites were selected that showed signs of erosion and four without signs of erosion. To select them, three criteria were used: the slope, the slopes and the exposed roots, in addition, six replications were made at each site (one at each full moon) and in turn, three zones were measured: the intertidal zone, the middle littoral zone and supralittoral area. First, a baseline of the burrowing crab community was created, then its abundance relationship with erosive processes was established according to the physical-chemical parameters of temperature, salinity, pH, slope and beach width using the Poisson model in SPSS as well as cluster in Excel spreadsheets. The data show that significantly ($p=0.03$ Kruskal - Wallis Test), the highest abundance of crabs is found on the beach with erosive processes. On this beach, the absolute abundance presents a dispersion range for the *Ocypode quadrata* species from 0 to 6 and the *Uca thayeri* species from 0 to 8.8, while on the beach without erosive processes, the absolute abundance presents a dispersion range for the species *O. quadrata* from 0 to 5 and the species *U. thayeri* from 0.5 to 4. When analyzing the abiotic factors that influence the abundance of crabs, the results indicate that the slope in the intertidal zone with erosive processes plays a significant role in the abundance of burrowing crabs ($p=0.05$). Also, temperature is significant for the abundance of burrowing crabs at sites without erosive processes ($p=0.007$). These factors are determining factors for the food supply of these species, which are not adapted to colonize other niches and their alteration can modify populations and communities, alter the food web and ultimately reduce the resilience of the ecosystem. Finally, it is concluded that according to the morphological characteristics found in the entire beach, there is a significant relationship between the abundance of the burrowing crab *O. quadrata* and *U. thayeri* with the beach width ($p=0.02$). This suggests that if coastal erosion continues, burrowing crabs may disappear from the site, significantly altering the richness of the site. Among the main measures to cushion coastal erosion, it is suggested to repopulate the dead zones of the ridge with artificial reefs and to restore the edge of the beach through the planting of plant species such as: coconut, beach almond, beach grape, icaco and sangrillo.

Keywords: coastal erosion, burrowing crabs, sandy beaches, Cahuita National Park, Costa Rica.

CONTENIDO

| | Página: |
|--|---------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| Antecedentes | 3 |
| Ámbito Internacional | 3 |
| Ámbito Nacional | 6 |
| Justificación | 7 |
| Problema | 8 |
| Objetivos | 9 |
| Objetivo General | 9 |
| Objetivos Específicos | 9 |
| MARCO TEÓRICO | 10 |
| Erosión Costera | 10 |
| Relación de los Cangrejos Excavadores con los Procesos Erosivos | 12 |
| Distribución Espacial de los Cangrejos Excavadores | 13 |
| MARCO METODOLÓGICO | 15 |
| Descripción y Ubicación del Área de Estudio | 15 |
| Sitios de Muestreo | 17 |
| Técnicas de Recolección de Datos | 18 |
| Análisis de Datos | 20 |
| RESULTADOS | 22 |
| Abundancia y Diversidad de Cangrejos | 22 |
| Relación de las Características Físicoquímicas con la Comunidad de Cangrejos Excavadores | 29 |
| Acciones para la Conservación de la Comunidad de Cangrejos | 37 |
| Percepción de los Actores de Interés | 37 |
| DISCUSIÓN | 41 |
| Relación de la Comunidad de Cangrejos con los Factores Abióticos | 41 |
| Acciones de Conservación para la Comunidad de Cangrejos | 43 |
| CONCLUSIONES | 49 |

| | |
|---|----|
| Abundancia y Diversidad de Cangrejos | 49 |
| Relación de la Comunidad de Cangrejos con los Factores Abióticos | 49 |
| Acciones de Conservación para la Comunidad de Cangrejos Excavadores | 50 |
| RECOMENDACIONES | 51 |
| SINAC | 51 |
| Universidades e Investigadores | 52 |
| Pescadores y Tour-Operadores Locales | 53 |
| LITERATURA CITADA | 54 |
| Comunicaciones Personales | 63 |
| ANEXOS | 64 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Zona de estudio dentro del Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica | 16 |
| Figura 2. Abundancia absoluta de cangrejos en zona intermareal, medio litoral y supralitoral de la playa con procesos erosivos, Puerto Vargas, Parque Nacional Cahuita, 2018 | 24 |
| Figura 3. Abundancia absoluta de cangrejos en zona intermareal, medio litoral y supralitoral de la playa sin procesos erosivos, Puerto Vargas, Parque Nacional Cahuita, 2018 | 25 |
| Figura 4. Abundancia absoluta total de cangrejos en playas con procesos erosivos y sin procesos erosivos, Puerto Vargas, Parque Nacional Cahuita, 2018 | 26 |
| Figura 5. Dendrograma de agrupamiento de las zonas muestreadas según el índice de similitud de Bray-Curtis a partir de las abundancias relativas de cangrejos, Puerto Vargas, Parque Nacional Cahuita, 2018 | 27 |
| Figura 6. Curvas de acumulación de riqueza: | 28 |
| Figura 7. Curvas de acumulación de riqueza: | 28 |
| Figura 8. Curvas de acumulación de riqueza total: | 29 |
| Figura 9. Pendientes en las zonas intermareal y supra litoral con procesos erosivos y sin procesos erosivos. Playa Puerto Vargas, Parque Nacional Cahuita, 2018 | 30 |
| Figura 10. Pendiente promedio en los sitios con procesos erosivos y sin procesos erosivos. Playa Puerto Vargas, Parque Nacional Cahuita, 2018 | 31 |
| Figura 11. Temperaturas en las zonas intermareal, media litoral y supralitoral con procesos erosivos y sin procesos erosivos. Playa Puerto, Parque Nacional Cahuita, 2018 | 32 |
| Figura 12. Temperatura promedio en los sitios con procesos erosivos y sin procesos erosivos. Playa Puerto Vargas, Parque Nacional Cahuita, 2018 | 33 |
| Figura 13. Ancho de playa promedio en sitios con procesos erosivos y sin procesos erosivos. Playa Puerto Vargas, Parque Nacional Cahuita, 2018 | 34 |
| Figura 14. Avistamientos de cangrejos, entrevistas consejo local, Parque Nacional Cahuita, 2019 | 37 |
| Figura 15. <i>Uca thayeri</i> | 70 |
| Figura 16. <i>Uca vocator</i> | 70 |
| Figura 17 <i>Uca burgersi</i> | 71 |

| | |
|--|----|
| Figura 18. <i>Uca rapax</i> | 71 |
| Figura 19. <i>Ocypode quadrata</i> | 71 |
| Figura 20. <i>Gecarcinus ruricola</i> | 72 |
| Figura 21. <i>Gecarcinus lateralis</i> | 72 |
| Figura 22. <i>Cardisoma guanhumi</i> | 72 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Matriz de presencia de erosión costera | 18 |
| Cuadro 2. Riqueza, abundancia absoluta (A_i), abundancia relativa porcentual (AR%) y desviación estándar (s) de cangrejos según el tipo y zona de playa, Puerto Vargas, PNC, 2018 | 23 |
| Cuadro 3. Ancho de playa en las zonas intermareal y supralitoral con procesos erosivos y sin procesos erosivos. Playa Puerto Vargas, PNC, 2018 | 34 |
| Cuadro 4. Modelo Poisson con el Chi-cuadrado de Wald aplicado en las zonas intermareal, medio litoral y supralitoral con procesos erosivos | 35 |
| Cuadro 5. Modelo Poisson con el Chi-cuadrado de Wald aplicado en las zonas intermareal, medio litoral y supra litoral sin procesos erosivos | 36 |
| Cuadro 6. Modelo Poisson con el Chi-cuadrado de Wald aplicado en los sitios con procesos erosivos, sin procesos erosivos y en la totalidad de la playa | 36 |
| Cuadro 7. Pautas de manejo para la conservación de la comunidad de cangrejos excavadores en Puerto Vargas | 40 |
| Cuadro 8. Medidas de control y prevención de la erosión costera a nivel mundial | 45 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo 1 Tabla de campo para registrar cangrejos | 64 |
| Anexo 2 Tabla para el registro de la granulometría en el campo | 65 |
| Anexo 3 Tabla para el registro de granulometría en el laboratorio | 66 |
| Anexo 4 Tabla de campo para registrar características físico químicas de la arena | 67 |
| Anexo 5 Tabla de campo para registrar la topografía | 68 |
| Anexo 6 Entrevistas | 69 |

INTRODUCCIÓN

Los recursos marinos y costeros proporcionan una serie de bienes y servicios ecosistémicos a la humanidad; aportan valor económico para las comunidades locales, principalmente por el turismo, la recreación, la pesca, el secuestro de CO₂ atmosférico, la purificación del aire y el agua, el mantenimiento de biodiversidad, el abastecimiento de presas a animales terrestres y acuáticos, la producción de alimentos y de refugios para numerosas especies. (Rodríguez y Ruíz, 2010; Reyes, 2014).

Estos servicios ecosistémicos dependen en gran medida de los arrecifes coralinos, debido a que en la cresta se encuentran los corales más duros y macizos, los cuales disminuyen considerablemente la energía de la ola hacia la costa, formando aguas quietas, cristalinas y que aportan sedimentos calcáreos a la formación de dunas de arena. Por lo tanto, los componentes del arrecife están ligados con la estructura morfológica de la playa y su modificación puede alterar el ecosistema marino costero. (Ortiz, 2005).

Una de las funciones más importantes de los arrecifes es actuar como barrera de protección y estabilizar la línea de costa frente a eventos marinos tales como huracanes y tormentas (Marín, 2005). En general, la zona costera tiene un balance globalmente equilibrado, con sectores en progresión en las playas reflectivas donde se encuentran las dunas en crecimiento. También, sectores en equilibrio dinámico que son playas extensas o relativamente estables como acantilados de rocas duras y, por último, zonas de retroceso con acortamiento de playa denominada disipativa. (Reyes, 2014).

Sin embargo, están siendo afectados por los efectos de calentamiento global que favorecen el blanqueamiento y pérdida de estructuras coralinas que, sumado al aumento del nivel del mar, facilita su penetración hacia la costa. Por cada centímetro que aumente el nivel del mar, la playa retrocede un metro (Hardy, 2003) en Limón, Caribe Sur, Costa Rica; siendo el reporte de este aumento, en el Parque Nacional Cahuita, de ~2 mm/año. (Ballesteros y Salazar, 2012).

La condición señalada preocupa porque, según el IPCC (2012), los gases de efecto invernadero están provocando cambios negativos en los océanos, lo cual compromete el futuro de los servicios que estos brindan a los ecosistemas y las

poblaciones humanas. Para Corrales, Ríos, Bouroncle e Imbach (2014), los cambios en la temperatura superficial del mar, el aumento del nivel del mar, la temperatura ambiental y la precipitación, generan un aumento medio en la vulnerabilidad al cambio climático del sistema caribeño costarricense, haciéndolo susceptible o incapaz de enfrentarse a efectos adversos como: inundaciones, salinización de los humedales costeros, acuíferos, erosión y pérdida de hábitats en las playas, así como la probabilidad de afectar a las actividades económicas, agrícolas, infraestructura, turismo y asentamientos humanos.

Este fenómeno ocurre no solo en el Caribe costarricense, se estima que el 70% de las playas del planeta están retrocediendo debido al aumento de la temperatura, nivel del mar y velocidad de los vientos. En consecuencia, el aumento en la altura de las olas, junto con una mayor marejada de tormenta, que es un apilamiento de agua sobre las costas debido al empuje del viento, producirá mayor penetración de la ola tierra adentro, generando inundación y erosión costera. (Lizano, 2014).

Aunado a lo anterior, se encuentran los fenómenos extremos que pueden generar problemas en la costa, como los tsunamis y tormentas. Estas provocan el apilamiento del oleaje que, junto a la marea alta o al Fenómeno del Niño (ENOS), podrían favorecer inundaciones y retroceso de la línea de costa (Lizano y Gutiérrez, 2011). Lo anterior sugiere que las zonas costeras con fuerte impacto podrían experimentar cambios, limitaciones y daños que llevan asociado un costo económico, ambiental y social.

Esta situación es preocupante debido a que la biodiversidad marina presta una importante variedad de servicios que pueden ser estimados en rubros económicos a nivel país y, en particular, para las economías locales. Por ejemplo, un arrecife coralino puede generar US\$6.000/ha/año; un manglar, US\$10.000/ha/año; un estuario, US\$22.000/ha/año, mientras que los pastos marinos, US\$19.000/ha/año. De igual manera, el sector turismo que depende en gran medida de los servicios ecosistémicos marinos y costeros, aportó en el 2012, al Producto Interno Bruto (PIB) de forma directa, ₡1.088 billones (4,8% del total) y ₡2.778,6 billones (12,3% del total) en forma indirecta; de igual forma, la industria pesquera y acuícola realizó un aporte de US\$321,1 millones (4,1%) al PIB durante el 2010. (Reyes, Sánchez Chacón, Mora y Castro, 2015).

Por su parte, la Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente (AIDA,

2012) señala que los turistas visitan el Parque Nacional Cahuita primordialmente para disfrutar la barrera de coral y sus playas como principales atractivos naturales. Este turismo suministra alrededor de US\$1.200.000 anualmente, monto importante para el gobierno local de Talamanca, generando ingresos para la comunidad. Además, señala que el valor de una hectárea de arrecife, en Costa Rica, destinada al turismo, puede generar US\$1 millón por año.

En relación con la riqueza y biodiversidad ecológica en el Parque Nacional Cahuita, se han realizado estudios multidisciplinarios en diversos temas. Sin embargo, los carcinológicos no han tenido hasta la fecha un lugar relevante con pocos antecedentes de investigación sobre la biología, la ecología o el manejo pesquero de cangrejos. (Gómez, Sosa, Moreno y Jover, 2009).

El comportamiento de la comunidad de cangrejos repercute directamente sobre el estado de la playa, por lo cual se les considera un indicador ambiental del estado de la salud de la costa (Little, 2000). Además, permiten enriquecer la cadena trófica cuando se alimenta de productores de zooplancton y sirven de alimento para aves migratorias y peces. (Cifuentes y Masterson, 1991).

Antecedentes

Ámbito Internacional

Lercari (2000) estudió los efectos de la descarga de agua dulce sobre los crustáceos en las playas arenosas de Uruguay, con el objetivo de evaluar los efectos espaciales en la abundancia, estructura poblacional y características reproductivas del cangrejo de arena *Emerita brasiliensis* en relación con la salinidad.

Dicho autor obtuvo una marcada variabilidad de los componentes poblacionales como juveniles, machos, hembras ovígeras, peso individual, fecundidad y patrones de madurez sexual. Esta estructura poblacional y de abundancia se correlacionó con las fluctuaciones de salinidad en respuesta no lineal a la distancia de la descarga de agua dulce. Concluyó que las descargas artificiales pueden influir en la distribución, abundancia y aspectos de la historia de vida en las poblaciones de playas arenosas.

Por su parte, Angeloni (2003) estudió el impacto del uso recreativo de las playas sobre la fauna macrobentónica en la Bahía de La Paz, México. Se evaluó la fauna intermareal y los procesos que controlan las comunidades de estas playas arenosas, como la granulometría e, inclusive, la relación entre la actividad humana en la zona litoral y la estructura de la comunidad.

En dicho trabajo se determinó que las playas más visitadas tienen menores valores de biodiversidad y los mayores valores de redundancia. Además, el número de cangrejos no mostró una relación aparente con el nivel de uso de las playas, la mayor correlación se encontró con el diámetro medio de grano, concluyendo que las playas arenosas requieren de prácticas de manejo específicas para evitar su degradación mientras se empleen para servicios turísticos.

Por su parte, Panario y Gutiérrez (2005) estudiaron la vegetación en la evolución de playas arenosas de Uruguay, con el objetivo de analizar los efectos de la introducción de especies forestales exóticas sobre el ciclo de la arena y sus consecuencias sobre la erosión de playas.

Se obtuvo, como principales resultados, que la vegetación arbórea produce una acción de amortiguamiento del viento que impide que la arena eólica alcance el cordón dunar, en tanto no impide que sea alcanzado por las olas. Asimismo, se concluye que la vegetación juega un rol fundamental en la dinámica de las playas arenosas, este rol puede ser positivo en la construcción del cordón dunar o duna primaria, o negativo, cuando el bosque interrumpe el flujo normal de sedimentos entre las dunas y las playas o entre las dunas y las desembocaduras de los cursos fluviales.

Herrera (2007), en Venezuela, evaluó la influencia de los ríos en comunidades de playas arenosas y los cambios temporales y fluctuaciones de parámetros ambientales en las comunidades bentónicas. Entre los resultados se determinó diferencias en la estructura comunitaria y las fluctuaciones temporales en la materia orgánica, presentando un gradiente de influencia fluvial a marino, definido por la descarga de los ríos.

Dicho autor concluyó que este gradiente condiciona la estructura de la comunidad bentónica, y propuso un modelo esquemático de funcionamiento en donde los nutrientes y material sedimentario aportado por los ríos, unidos al proceso de surgencia, son

distribuidos por el transporte litoral y las corrientes, estimulando la productividad primaria y secundaria que reside en dichos hábitats.

En Colombia, Lucero, Bolívar, Neira y Peña (2008) estudiaron la utilización de la macrofauna bentónica como indicador de calidad ambiental en la desembocadura del río Anchicayá en el Pacífico, con el objetivo de evaluar su relación con la cantidad de sedimentos, encontrando que dominan los anfípodos y poliquetos. Concluyeron que la abundancia de poliquetos está relacionada con la carga de sedimentos transportada, la cual incrementa el contenido de materia orgánica del sistema y puede servir como bioindicador de erosión en la cuenca.

Moreno, Graziani, Nuñez y Villaroel (2011) caracterizaron ecológica y poblacionalmente, tres comunidades de crustáceos decápodos en la costa de Sucre, Venezuela. Su objetivo fue conocer el estado en que se encuentran como recurso pesquero. Reportaron la captura de 16 especies que se ajustaron al patrón de distribución según el tipo de sustrato.

Así, la especie más abundante fue el cangrejo *Callinectes ornatus* de la familia *Portunidae*, representando el 79%, mientras que el camarón *Farfantepenaeus brasiliensis* fue el segundo, con un 10%. Concluyen que el cangrejo *C. ornatus* es un recurso con alto potencial para la pesquería; sin embargo, a pesar de su posible importancia comercial y social, sus pesquerías y estudios poblacionales son escasos.

Ocaña, Apin, Cala, Vega, Fernández y Córdoba (2012) realizaron un inventario de los macroinvertebrados bentónicos en 15 playas arenosas de Cuba oriental para describir su estructura espacial. Las especies con mayor abundancia fueron la almeja *Donax striatus* y los cangrejos *Emerita talpoida* y *Ocypode quadrata*. Concluyeron que las playas protegidas con ambiente estuarino presentaron mayor riqueza de especies que las expuestas con influencia oceánica. Esto debido a que las playas estuarinas protegidas reciben menor energía del oleaje y mayor aporte de nutrientes, creando un ambiente favorable para un mayor número de especies. A su vez, la separación de las playas en dos grupos fue importante para el manejo en cuanto a su uso y protección.

Asimismo, Hidalgo (2017) analizó las condiciones fisicoquímicas, morfológicas y biológicas de la macrofauna en la zona intermareal de las playas arenosas del litoral

central de Veracruz, México, con el fin de evaluar su integridad ecológica, donde los índices de diversidad tradicionales no fueron contundentes para detectar el gradiente de estrés de la macrofauna.

Por tanto, la riqueza de especies en función del tipo morfodinámico de la playa varía y el patrón de abundancia en el nivel de marea supralitoral puede ser un indicador de integridad ecológica en playas no urbanizadas y con condiciones morfodinámicas similares. Concluyeron que el uso intensivo y la modificación de las playas inciden en la inestabilidad y menor resiliencia de la macrofauna.

Ámbito Nacional

García, Vargas y García (2006) encontraron valores altos de coliformes totales y fecales en la entrada de playa Blanca del Parque Nacional Cahuita, causado por la descarga de aguas servidas sin tratamiento. Lo anterior provoca cambios en la biodiversidad, por lo que es necesario diseñar un plan efectivo de manejo para garantizar la protección de las aguas costeras.

Por su parte, Palacios (2009) evaluó la densidad de hoyos de cangrejo con un diámetro superior a medio centímetro en playa Blanca del Parque Nacional Cahuita en relación con la presencia de turistas. Encontraron que la densidad de cangrejos es mayor en las zonas restringidas para bañistas comparado con las zonas de acceso a bañistas. Se concluyó que el mayor uso disminuye la base alimenticia de los cangrejos y cambian continuamente su comportamiento al tener que esconderse por la presencia humana.

Sibaja, Camacho y Vargas (2014) estudiaron la riqueza y abundancia espacial relativa de invertebrados en playas de arena y costas rocosas del Pacífico Norte, Costa Rica. La mayor biodiversidad de especies se presentó en las costas rocosas comparadas con las playas arenosas. La especie más abundante fue de la familia *Porcellanidae* (reducido tamaño 15 mm) y están adaptados para esconderse debajo de rocas. Concluyeron que la macrofauna está adaptada a cada ambiente.

Por su parte, en la Península de Osa, Pacífico Sur, Costa Rica, Corrales y Sibaja (2015) describieron la macrofauna bentónica de las playas de arena relacionada con la

exposición al oleaje, observaron un incremento en el número de taxones en relación con el nivel de marea baja debido al menor tiempo de desecación y exposición al sol. El cangrejo *Emerita rathbunae* (cangrejo topo) fue encontrado en la zona infralitoral, mientras que en la zona supralitoral se encontraron los cangrejos de la familia *Ocypodae* y cangrejos anomuranos (ermitaños). Concluyeron que la exposición a la energía de las olas condiciona la abundancia de la comunidad bentónica.

Justificación

Considerando algunas propuestas en torno a los recursos naturales en el país, es evidente que existe un vacío de conocimiento sobre los procesos erosivos de las costas y el efecto que genera en la comunidad de cangrejos; por lo tanto, es necesario documentar y promover acciones que aporten al conocimiento, uso y conservación de los recursos marino-costeros.

También, el artículo 89 de la Constitución Política de Costa Rica (Asamblea Nacional Constituyente, 1949) establece que “entre los fines culturales de la República están: proteger las bellezas naturales, conservar y desarrollar el patrimonio natural... de la Nación”. De esta manera, se establece de forma explícita la obligación que tiene el Estado de velar por la conservación de los recursos naturales, dando pie para que cualquier persona invoque este derecho constitucional para reclamar acciones correctivas o preventivas orientadas a proteger, conservar y desarrollar las bellezas naturales de trascendencia ecosistémica, en beneficio de las sociedades futuras del país.

Además, dado que el Parque Nacional Cahuita se encuentra en una zona de estrés térmico, presenta una vulnerabilidad media al cambio climático (Reyes, Sánchez, Chacón, Mora y Castro, 2015). Por ende, es conveniente redoblar esfuerzos para corregir la degradación de playa en el sector de Puerto Vargas por la erosión costera y con ello, mejorar la capacidad adaptativa y resiliencia de este ecosistema.

A su vez, el protocolo de monitoreo ecológico de las playas arenosas en Costa Rica promovido por el Sinac (2016), es una metodología para que los guardaparques evalúen el estado de conservación, sin relación alguna con los procesos erosivos. Este estudio llena un vacío metodológico adaptando una serie de indicadores y análisis para

su adecuada vinculación de los procesos erosivos y de la comunidad de cangrejos de la familia *Ocypodidae*.

Del mismo modo, la Ley de Biodiversidad N°7788 (Asamblea Legislativa, 1998) establece en su artículo 56, que las especies, variedades o poblaciones de singular valor estratégico, científico y potencial, serán objeto prioritario de conservación *in situ*. Además, su plan de acción permite el manejo activo de recursos para la rehabilitación y recuperación de ecosistemas y especies (Cajiao, 2006), con lo cual se justifican las acciones que se puedan realizar para la conservación de la comunidad de cangrejos sometidos a los procesos erosivos.

Asimismo, ante la falta de información sobre el papel que tienen las comunidades de cangrejos excavadores en las playas arenosas, no es claro el papel como posible indicador ambiental dada su estrecha relación con este hábitat y los procesos erosivos asociados (Little, 2000), por lo que se realizó esta investigación para establecer la línea base de conocimiento que permita plantear medidas de manejo marino-costero.

Problema

La erosión costera que se presenta en el Parque Nacional Cahuita está reduciendo paulatinamente el tamaño de las playas arenosas, las cuales son de gran atractivo para el turismo, con lo cual podría llegar a comprometer la economía de esta área, además de tener consecuencias para los ecosistemas y especies como las tortugas marinas y aves migratorias.

La región caribeña ha sido identificada por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) como una región vulnerable a los impactos extremos del clima, a medida que se vuelven más dramáticos sus efectos, propician la erosión en las costas debido principalmente al aumento del nivel del mar. (Cameron, Davies y Agulhas, 2012).

Además, debido a que en una misma playa no se transportan longitudinalmente los sedimentos porque su movimiento se da en dirección del mar, se favorecen los procesos erosivos distintos a lo largo de una misma playa. Estos tendrán las mismas

características para actuar y reaccionar según la fuerza de acción de la naturaleza. (Rodríguez y Beltrán, 2012).

Esta situación sugiere que hay una modificación de la comunidad de cangrejos que habitan en las playas arenosas para hacerle frente a estos acontecimientos naturales. En este sitio se desconocen los índices de diversidad y abundancia de cangrejos excavadores en los sectores afectados por la erosión y que no. Por lo tanto, se reconoce que en una misma playa pueden ocurrir variaciones en los procesos de erosión, que pueden afectar a estos organismos, con lo cual se realiza la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son los principales efectos que genera la erosión costera sobre la comunidad de cangrejos de las playas arenosas del Parque Nacional Cahuita?

Objetivos

Objetivo General

Relacionar el estado de la comunidad de cangrejos con los procesos erosivos de la playa Puerto Vargas, Parque Nacional Cahuita, Limón, Costa Rica, para el planteamiento de acciones de conservación.

Objetivos Específicos

- ✓ Determinar la diversidad, abundancia y distribución de la comunidad de cangrejos excavadores en la playa Puerto Vargas.
- ✓ Relacionar las características físicas y químicas de la playa con la diversidad, abundancia y distribución de la comunidad de cangrejos excavadores en la playa Puerto Vargas.
- ✓ Proponer acciones para la conservación de la comunidad de cangrejos que se desarrollan en áreas sometidas a la erosión costera en la playa Puerto Vargas.

MARCO TEÓRICO

Erosión Costera

La erosión costera es inducida por un déficit sedimentario y el ascenso en el nivel del mar por: tormentas, oleajes temporales y oleajes de desbordamientos sobre las dunas de arena (Tena y Alcántara, 2004). Los procesos de erosión costera pueden ser ocasionados por efectos marinos, hídricos-pluviales o por la remoción antrópica de masa. (Ferrari, 2010).

Se identifican los procesos erosivos cuando la línea de la orilla del mar se ha desplazado hacia tierra, reduciéndose el tamaño de la playa y alterando su morfología, después de haber promediado un periodo suficiente de tiempo para eliminar los impactos del clima, las tormentas y la dinámica de sedimentos (Rodríguez y Beltrán, 2012). En algunos países europeos, para determinar la evolución de la erosión en la orilla consideran un kilómetro de longitud de línea de costa en un espacio de diez años. (Guzmán, Posada, Guzmán y Morales, 2008).

Por tanto, la formación morfológica de las playas arenosas depende de la acción de las olas, tipo y tamaño del sedimento, vientos y mareas. El método más utilizado para clasificar las playas arenosas es el propuesto por Dean (Reyes, 2014), quien clasifica las playas como reflectiva, cuando hay sectores en progresión, donde ocurre crecimiento de dunas; intermedia con sectores en equilibrio dinámico como los acantilados, y disipativa, donde ocurre retroceso debido a las formaciones detríticas no consolidadas. (Dean, 1973).

Como perfil de equilibrio se entiende que la morfología que alcanzará una playa está expuesto a las condiciones de oleaje, fundamentalmente altura de ola y período, aunado a un tamaño de grano determinado (Dean, 1991). Es decir, que las playas responden a las características del oleaje y sedimentos, ajustando su perfil a una forma que no varía con el tiempo, donde el transporte transversal de sedimentos promediado en el tiempo es nulo.

En tanto, las precipitaciones, características del sedimento como contenido de agua, concentración de material orgánico y arena, velocidad del agua y tamaño, y

dirección del prisma de marea, influyen fuertemente en la tasa de erosión repercutiendo en los límites de la playa (Meadows y Tait, 1989). Así que el perfil de equilibrio es prácticamente imposible debido a las variaciones de la naturaleza, únicamente será posible alcanzarlo en un laboratorio donde las condiciones estén controladas.

Los límites de las playas arenosas están dados a nivel interior, orientados hacia el mar desde los 5 - 15 m de profundidad máxima, donde la arena es transportada por las olas. A nivel superior, orientados hacia tierra, por las dunas hasta el final del transporte de arena por el viento con el tope en la primera línea de vegetación. Cuando la arena es transportada por el viento y agua, la estructura de la duna dependerá del tamaño del grano de arena, humedad, salinidad, materia orgánica (vivo o muerto), carbonato de calcio, pH y nitrógeno. Estos factores controlan o influyen en el desarrollo de la vegetación, así como de las comunidades de animales. (Martínez y Muñiz, 2017).

Cuando las especies vegetales nativas colonizan las playas en sitios que anteriormente no las presentaban, puede considerarse como un déficit en la circulación de sedimentos atribuible a otras causas. El retroceso de la línea de costa puede exponer por varios kilómetros a una playa con un componente arcilloso, donde la vegetación brinda estabilidad relativa a la parte superior, mientras que las olas actúan socavando la playa en el inferior, hasta que los bloques superiores caen al quedar descalzados. (Panario y Gutiérrez, 2005).

Cuando la tasa de erosión sobrepasa la acumulación, los hábitats cercanos a la costa pueden verse enormemente alterados e, inclusive, convertirse en otro hábitat. En el noroeste de Australia, las altas tasas de erosión convirtieron el denso bosque de manglar en planicies de marea (Semeniuk, 1980). De manera similar, la bioerosión puede exceder el crecimiento de los corales y, eventualmente, degradar los arrecifes enteros en escombros y arena (Hutchings, 1986). En Argentina, la costa fue afectada por variaciones del nivel del mar y cambios climáticos que provocaron un aumento visible en la energía de la ola, ocasionando erosión en la costa. (Kokot, 1999).

Relación de los Cangrejos Excavadores con los Procesos Erosivos

Los agentes bióticos pueden influir sustancialmente en las tasas de erosión (Paramor y Hughes, 2004). Los organismos excavadores, como los gansos *Branta canadensis*, reducen directamente la estabilidad del sedimento y aceleran la erosión por picoteo, pisoteo y bioturbación. Lograron relacionar que cavar agujeros en las dunas de arena produce una pérdida en la densidad de la superficie y que, además, da paso a acumulación de agua subterránea, generando inestabilidad en la capa superficial, predisponiéndola a una mayor erosión con el paso del oleaje. (Dionne, 1985).

En Argentina, las excavaciones intensas realizadas por el cangrejo *Chasmagnathus granulatus* cambió los parámetros físicos del sedimento como la penetrabilidad, el contenido del agua y la resistencia de los sedimentos a la erosión (Escapa, Minkoff, Perillo e Iribarne, 2007). Y en Estados Unidos, se demostró que la excavación de madrigueras por el invasor crustáceo *Sphaeroma quoianum* (isópodo), aumenta la pérdida de sedimentos en los bancos de estuarios hasta un metro cúbico en el borde por año. (Talley, Crooks y Levin, 2001).

A su vez, se ha demostrado que las áreas con madrigueras se erosionan más rápido que sin madrigueras, debido a la modificación del sustrato. A medida que los bancos de arena son colonizados por cangrejos, aumentan la perforación, propiciando la erosión lateral y socavación. Estos efectos físicos son especialmente agudos en hábitats donde hay congregaciones densas de animales excavadores. Finalmente, el banco de arena se derrumba cuando la parte socavada sucumbe a la gravedad. (Gabet, 1998; Davidson y Rivera, 2010).

Por lo general, los decápodos dominantes que prefieren las zonas de secado y que producen madrigueras son los de la familia *Ocypodidae* con 14 especies y *Gecarcinidae* con tres especies. Se observaron túneles que pueden llegar a tener hasta un metro de profundidad (García y Ramírez, 2015), siendo importante su estudio para relacionarlos con los procesos erosivos.

Por su parte, la erosión costera afecta importantes ecosistemas costeros como humedales, pastos marinos, manglares y playas arenosas. Se encuentran en la base de la cadena alimenticia de muchas especies y, sobre todo, afectará el patrón de migración

de especies indicadoras de salud del ecosistema como las tortugas marinas (Botello, Villanueva, Gutiérrez y Rojas, 2010). En la Isla del Carmen, México, disminuyó significativamente la diversidad y abundancia de aves, lo cual podría vincularse a los procesos erosivos debido a la pérdida de hábitats y alimento. (Canales *et al.*, 2020).

Distribución Espacial de los Cangrejos Excavadores

Los cangrejos excavadores no se distribuyen de igual manera en la zona intermareal como supralitoral, sino que se restringen a determinadas áreas de la playa en función de los parámetros ambientales, viven fuera del agua pero hacen uso de ella para reproducirse y alimentarse. (Reyes, 2014).

El hábitat de los cangrejos está determinado por factores como: mareas, olas, salinidad y arena (Gómez, Sosa, Moreno y Jover, 2009). Los cangrejos de las playas arenosas desarrollan importantes adaptaciones que le permiten vivir en estos ambientes tan dinámicos. Algunos de estos son: la rápida capacidad de enterramiento para evitar el arrastre por las olas y el alto grado de movilidad; los mecanismos sensoriales que les permiten orientarse y mantener sus posiciones en la orilla, presentando ritmos de migración acordes con la subida y bajada de las mareas, lo cual les permite maximizar los recursos alimenticios y atenuar la depredación. (Brown y McLachlan, 2006).

Estos organismos dependen de los insumos provenientes del mar, el tamaño de las zonas de playa, la proximidad a la fuente de alimento y las características de las olas. Son factores determinantes para el aporte de alimentos, de esta manera juegan un papel clave en la transferencia de energía, dado que se alimentan en gran medida de zooplancton y son depredados por peces y aves, enriqueciendo cadenas tróficas fuera de la playa (Brown y McLachlan, 2006). A su vez, tienen una dieta flexible siendo carroñeros o carnívoros según el entorno, capaces de soportar inclusive largos periodos de inanición. (Wolcott, 2003).

Algunas investigaciones sobre el flujos de energía en playas con diferente morfodinámica determinaron que las playas disipativas son sistemas complejos comparados con las playas reflectivas, presentan mayores niveles tróficos, mayor diversidad, mayores conexiones tróficas, altas transferencias energéticas y superiores

tasas de producción, debido a la cercanía con el agua y la vegetación, ofreciendo mayor disponibilidad de alimento (Lercari, 2000). Por esto, la teoría de las playas arenosas y la riqueza de especies sugiere que aumentan la riqueza, densidad y biodiversidad de playas reflectivas a disipativas e incluye representantes de taxones, como los decápodos, los moluscos y los poliquetos. (Brown y McLachlan, 2006).

Dentro de los grupos que muestran esas tendencias, los decápodos son un orden del subfilo Crustácea dentro de la clase Malacostraca (concha blanda), con 14.866 especies repartidas por el mundo en 198 familias (Ahyong *et al.*, 2011). La mayoría son marinas, algunas especies se han adaptado al medio terrestre, como la familia *Paguridae* (cangrejo ermitaño).

Estas especies que habitan en la zona supralitoral de las playas arenosas presentan cinco adaptaciones claves para su supervivencia: movilidad, construcción de galerías, ritmos circadianos, orientación y algún nivel de plasticidad en su comportamiento (Scapini, 2014). A su vez, influyen en la distribución y variabilidad de su fauna: el sedimento, el oleaje y el tiempo de desecación en marea baja. (Little, 2000).

Por ejemplo, el cangrejo *Ocypode quadrata* tiene una alta relevancia ecológica en las playas del Atlántico occidental y se ha propuesto como un indicador del impacto humano. En las playas perturbadas, la destrucción de las dunas, la limpieza mecánica y la remoción de materia orgánica son las principales causas que conllevan a una baja abundancia de cangrejos, un menor crecimiento y una alta mortalidad. Sin embargo, en las playas mejor conservadas, las relaciones biológicas parecen ser más importantes en regular la dinámica poblacional. (Ocaña, Navarrete, Carrillo y Rivera, 2016).

También, se ha demostrado que la perturbación humana por pisoteo peatonal reduce las densidades de cangrejos y madrigueras más pequeñas, genera cambios en las distribuciones intermareales, con una mayor proporción de individuos que ocurren más abajo en la orilla, en las secciones de playa impactadas por turismo y con granos de arena más gruesos. (Lucrezi, Schlather y Walker, 2009).

MARCO METODOLÓGICO

Descripción y Ubicación del Área de Estudio

El Parque Nacional Cahuita se ubica en la provincia de Limón, en el cantón de Talamanca, distrito de Cahuita. Fue establecido mediante el Decreto Ejecutivo N°8489, debido a que posee recursos marinos y terrestres de extraordinario valor científico, educativo, cultural y recreativo, los cuales justifican su conservación. (Poder Ejecutivo, 1978).

Además, mediante el Decreto Ejecutivo N°26929, se creó en 1998, el Comité de Manejo de Recursos y Servicios, y con la Ley de Biodiversidad en el año 2000, el comité pasó a llamarse Consejo Local del Área Protegida, al cual se le asignó la responsabilidad de velar por el funcionamiento y la calidad de los servicios prestados en todo el parque, sugerir tarifas y generar recomendaciones al Director del Área de Conservación La Amistad Caribe, con el fin de tener injerencia en el desarrollo socioeconómico del pueblo. Este decreto se logra gracias a un acuerdo entre el Minae y la Asociación de Desarrollo Integral de Cahuita, el cual contemplaba el pago de las tierras a la población que las había entregado al Estado para su conservación. (Sinac, Aclac, 2016).

El nombre Cahuita viene de los términos “Kawe” que significa “Sangrillo” (árbol nativo) y “Ta” que significa “Punta”, es decir “Punta Sangrillo”. Cuenta con 1.102 Ha de área terrestre y 23.290 Ha de área marina. (Cifuentes y Masterson, 1991).

El área de estudio se ubica entre las coordenadas latitud 9°44'2.40"N longitud 82°48'46.92"O y la latitud 9°40'33.64"N longitud 82°47'25.95"O. En esta área se conectan las playas Puerto Vargas y Cahuita (figura 1), las cuales obtienen protección de la barrera arrecifal contra mareas y corrientes, brindándole una morfodinámica de playa disipada, intermedia y reflectiva a lo largo de ocho kilómetros de extensión.

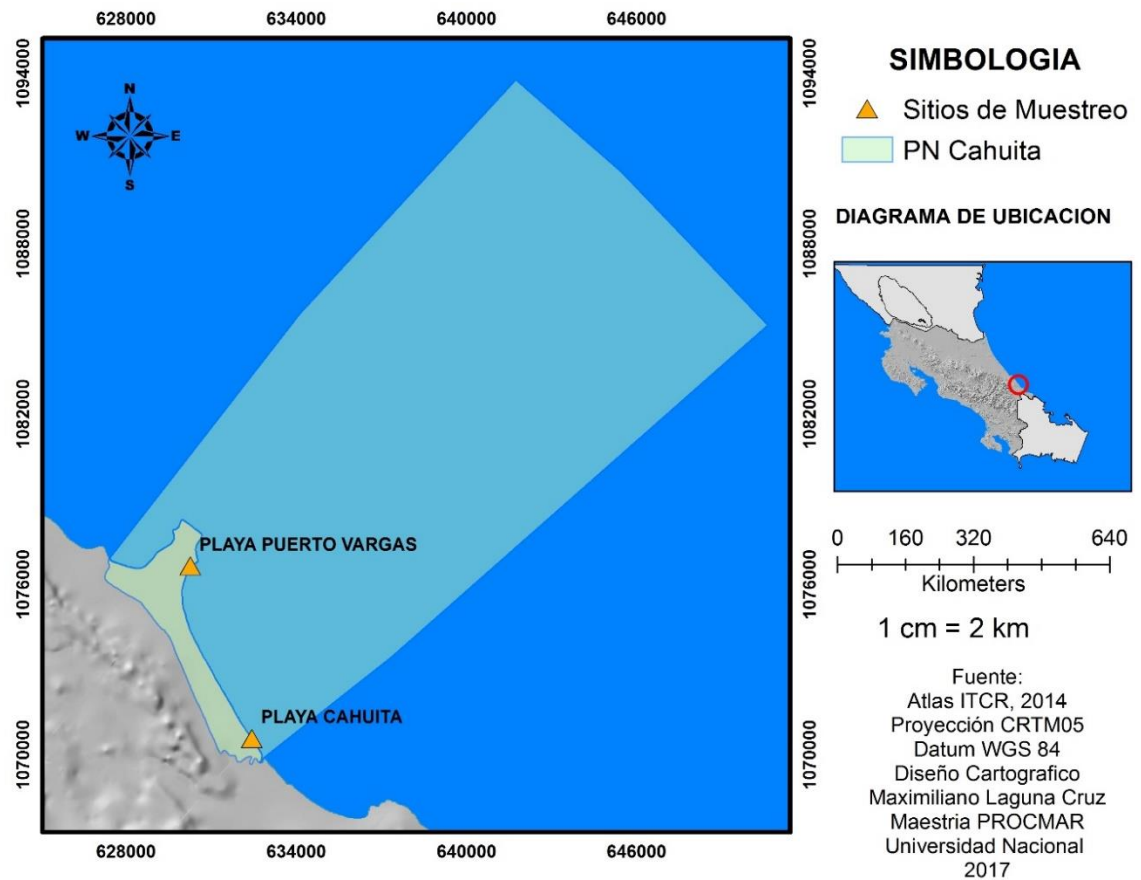


Figura 1. Zona de estudio dentro del Parque Nacional Cahuita, Limón Costa Rica.

En la costa del Caribe de Costa Rica predomina un oleaje que va de noreste a sureste. Es de mayor energía durante los últimos y los primeros meses de cada año, asociado a la intensificación de los vientos alisios durante esta época. El oleaje disminuye en mayo pero vuelve a aumentar en julio, el mínimo valor ocurre entre setiembre y octubre, cuando, a su vez, los vientos alisios son mínimos en esta región. (Lizano, 2007).

De acuerdo con el *Informe del Estado de la Nación* (2016), el Parque Nacional Cahuita fue visitado por 44.960 personas en 2015, de los cuales los extranjeros representaron el 68%, ubicándose de octavo lugar entre los parques nacionales más visitados de Costa Rica (Corrales, 2016). En el parque trabajan diez funcionarios del Sinac y 15 personas del Consejo Local para la atención del turismo en playa Blanca y del sendero elevado en Puerto Vargas, que comunica el humedal con el bosque tropical húmedo. (Cortés, comunicación personal, 2017).

Sitios de Muestreo

La investigación se desarrolló en etapas. En su primera etapa se recolectaron datos *in situ* sobre la abundancia de cangrejos excavadores y las características fisicoquímicas de la playa, como: temperatura, salinidad, pH, ancho y pendiente. En su segunda etapa se aplicaron entrevistas y se efectuó un taller a los funcionarios del Sinac que laboran en el parque y a los miembros del Consejo Local, para proponer acciones de conservación de la comunidad de cangrejos bajo condiciones de erosión costera.

Las mediciones se realizaron durante los meses de junio a noviembre del 2018, con la marea baja, en las fases de luna llena, debido a que la Luna se encuentra en su posición más cercana a la Tierra y, por lo tanto, actúa con mayor fuerza gravitatoria sobre los cuerpos de agua, haciendo que se dé la marea más baja y alta (Sosa, 2015). A su vez, la luna llena coincide con la liberación de huevos, por lo cual los organismos están más activos y se producen migraciones reproductivas hacia el mar, pudiéndolos divisar con mayor facilidad. (Moreno, 2006).

A lo largo de esta playa se seleccionaron cuatro sitios de muestreo que mostraron signos de erosión y cuatro sin signos de erosión, separados por una distancia de al menos 100 metros. Para seleccionarlos se emplearon tres criterios: la pendiente, los taludes y las raíces, empleando una matriz de selección (cuadro 1).

En cada sitio se efectuaron seis réplicas (una por mes) y, a su vez, se midieron en tres zonas: 1- en la zona intermareal: lo más cercano a donde termina de disiparse la ola, 2- zona media litoral: donde se marca la línea de marea alta sobre la arena, y 3- zona supralitoral: sobre la berma, contiguo a la vegetación.

Se realizaron 72 transectos en los sitios con procesos erosivos y 72 transectos en los sitios sin procesos erosivos, distribuidos de la siguiente manera: 24 en la zona intermareal, 24 en la zona medio litoral y 24 en la zona supralitoral, para un total de 144 transectos.

Cuadro 1. *Matriz de presencia de erosión costera.*

| Criterio | Con erosión | Sin erosión |
|----------------------|-------------|-------------|
| Pendiente leve | Sí | No |
| Presencia de taludes | Sí | No |
| Raíces expuestas | Sí | No |

Fuente: Laguna Cruz.

Técnicas de Recolección de Datos

Para determinar la diversidad y abundancia de cangrejos se utilizó el protocolo Pronamec (Sinac, 2016) para playas arenosas, atributo riqueza de especies, con las siguientes modificaciones: en cada zona de la playa se muestreó un transecto de 100 m² empleando una cuerda de 50 m de longitud marcada a cada 10 m para colocar cuerdas perpendiculares de 2 m y delimitar el ancho.

Una vez establecido el transecto en las tres zonas, se esperó 10 minutos, luego se recorrió el transecto haciendo la menor perturbación posible y procurando registrar cada individuo (anexo 1). Se utilizó un contador manual y se identificó al menor taxón posible utilizando las claves dicotómicas de Hendrickx (1983), Abele y Kim (1986) y Lemaitre y Tavares (2015).

Para relacionar la comunidad de cangrejos con la granulometría de la playa, se utilizó el protocolo Pronamec (Sinac, 2016) para playas arenosas, atributo tipo de grano, con las siguientes adaptaciones: se recogieron 100 gramos de arena en cada zona de playa, se depositaron en una bolsa que indicaba la fecha, hora, sitio de muestreo, zona de playa y la presencia o ausencia de erosión.

Posteriormente, se llevaron las muestras al Laboratorio de Recursos Naturales y Vida Silvestre (Larnavisi), donde se dejaron durante una semana en un horno a 60°C (anexo 2). Una vez seca la arena, se pasó por los siguientes tamices: 2000 mm, 1000 mm, 710 mm, 350 mm, 250 mm, 125 mm, 75 mm y 63 mm, para determinar un análisis granulométrico más preciso según la guía de Wentworth (1922) (anexo 3).

Para obtener las características físicoquímicas, se tomó la lectura de la temperatura de la arena con un termómetro de vidrio ($\pm 0,5$ °C) justo en el medio de cada transecto a una profundidad de 20 cm. Luego, se recogió una porción de 20 g de esta arena, se mezcló en 100 ml de agua destilada durante un minuto y se dejó reposar por 30 minutos. Seguidamente, se tomó la lectura con un refractómetro ($\pm 0,2$ UPS) para determinar la salinidad y con una cinta de pH ($\pm 0,5$ pH) para establecer la alcalinidad (Lázaro, Saucedo y Namuche, 2010; FAO, 2005) (anexo 4).

Para obtener el ancho de la playa y la pendiente, se utilizó el protocolo Pronamec (Sinac, 2016) para playas arenosas, atributo topografía de la playa, la cual consistió en establecer un punto de referencia dentro de la vegetación y se registró su posicionamiento geográfico con un GPS Garmin de 5 m de precisión. Luego, se midió con cinta métrica ($\pm 0,1$ cm) la distancia que hay desde ese punto hasta donde comienza la berma. Para medir la zona supralitoral, se midió desde donde comienza la berma hasta donde se marca la línea de marea alta, y para medir la zona intermareal se midió desde donde se marca la línea de marea alta hasta donde termina de disiparse la ola.

Para esta investigación se realizaron las siguientes modificaciones para medir el ancho y la pendiente de la playa en la zona supralitoral e intermareal: se estableció en cada sitio de muestreo tres puntos de referencia, separados a una distancia de 33 metros entre cada uno y se registró el promedio (anexo 5).

Para medir la pendiente se utilizó una vara marcada a la altura del ojo del observador y un clinómetro ($\pm 0,25^\circ$), para medir los ángulos en la zona supralitoral se colocó la vara donde comienza la berma contiguo a la vegetación y se divisó la marca con el clinómetro desde la línea de marea alta; para medir los ángulos de la zona intermareal se colocó la vara en la línea de marea alta y se observó desde donde termina de disiparse la ola. (FAO, 2009).

Finalmente, se aplicó una entrevista (anexo 6) con el objetivo de proponer acciones de manejo que permitan la conservación de la comunidad de cangrejos bajo condiciones de erosión costera. El grupo de los entrevistados estuvo conformado por dos hoteleros, un empresario, un representante de la Municipalidad de Talamanca y dos funcionarios del Parque Nacional Cahuita, todos formaban parte del Consejo Local de

Cahuita.

Además, debido al confinamiento a causa del COVID-19, se realizó un taller virtual con los miembros del consejo local y guardaparques, el cual permitió profundizar de manera conjunta en las gestiones que eventualmente se podrían ejecutar en el área (Careaga, Sica, Cirillo y Luz, 2006). Si bien cada persona percibe el espacio de una manera distinta, el proceso de socialización permite esclarecer la imagen colectiva construida a partir de percepciones individuales (Ferrari, 2010), en beneficio de la conservación y uso sostenible de los recursos marino-costeros.

Análisis de Datos

Los datos fueron ordenados en hojas electrónicas de *Microsoft Excel 2013*, donde se calculó en cada zona: supralitoral, medio litoral y supralitoral, la abundancia absoluta $Ai = \frac{\sum x}{4}$, la abundancia relativa porcentual $AR\% = \frac{Ai}{At} * 100$ y la desviación estándar $s = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{X})^2}{n-1}}$, de cada mes.

Para analizar la naturaleza de los datos en dos poblaciones, se utilizó la prueba de Shapiro. Cuando los datos mostraron una distribución normal, se aplicó la prueba t-student y en datos no normales la prueba de Wilcoxon, para conocer la probabilidad significativa $p < 0,05$.

En más de dos poblaciones se utilizó la prueba ANDEVA I, en datos normales se aplicó la prueba Fisher y en datos no normales la prueba Kruskal – Wallis, donde la probabilidad $p < 0,05$ indica que los datos fueron significativos. (García, González y Jornet, 2010).

Los valores son mostrados en cajas de diagramas (*boxplot*), donde el color gris representa el cuartil 1, es decir, cuando la frecuencia de las observaciones se encuentran entre el 25% y 50% de la mediana, mientras que el color amarillo representa el cuartil 3, es decir, cuando la frecuencia de las observaciones se encuentran entre el 50% y el 75% de la mediana.

Para evaluar el esfuerzo de muestreo, se empleó las curvas acumulativas de especies de: Mao Tau, Ace Mean, Ice Mean, Chao 1, Chao 2, Jack 1, Jack 2 y Bootstrap mean, para la determinación de la probabilidad de observación y detección de las distintas especies presentes en las playas arenosas (Moreno, 2001; Carvajal, 2008). En estos estimadores no paramétricos de la riqueza, se utilizó el programa Estimates 9.1.

Para el análisis del grado de similitud entre las comunidades de cangrejos en áreas con procesos de erosión y sin procesos de erosión, se usó el índice de Bray-Curtis como medida de semejanza entre los sitios y el ligamiento promedio como fusión entre los pares de muestras. El análisis de clasificación aglomerativa (*Cluster Analysis*) fue realizado mediante el programa Past 3.15, donde el nivel de significancia entre los sitios varía de cero cuando no hay especies compartidas, hasta uno cuando los dos sitios tienen la misma cantidad de especies. (Badii, Landeros y Cerna, 2007).

Para evaluar la relación entre la riqueza de la comunidad de cangrejos de las playas arenosas con las características físicoquímicas de la playa, como: tipo de erosión, tipo de grano, temperatura, pH, salinidad, pendiente y ancho de playa, se utilizó el modelo Poisson que expresa la probabilidad discreta de que una variable sea significativa a partir de una frecuencia de ocurrencia media, este modelo fue realizado con el programa *IBM SPSS Statistics 23.0*. (Arroyo, Bravo, Llinás y Muñoz, 2014).

Para validar las acciones de manejo para la conservación de la comunidad de cangrejos que se desarrollan en áreas sometidas a la erosión costera, se supeditaron a un consenso las propuestas de las entrevistas durante el taller virtual con los funcionarios del área y el consejo local, en donde se identificó, de manera conjunta, los pro y los contras de cada acción y las prioridades dinámicas de su abordaje tomando en cuenta una visión ecosistémica del Parque Nacional.

RESULTADOS

Abundancia y Diversidad de Cangrejos

En los 144 transectos realizados, se observaron 685 individuos y se identificaron dos especies correspondientes a la Clase Malacostraca, orden Decapoda, familia *Ocypodidae* con representación de dos géneros *Uca* y *Ocypode*, según la clasificación propuesta por Abele y Kim (1986).

Como se puede apreciar en el cuadro 2, separados por presencia o ausencia de erosión, el género *Uca* tuvo mayor abundancia durante junio, en la zona medio litoral con procesos erosivos. En tanto que *Ocypode* presentó mayor abundancia durante octubre, en la zona intermareal con procesos erosivos. En el mes de agosto no se observaron individuos en la zona intermareal con procesos erosivos, probablemente debido a los disturbios acaecidos en la arena.

En la playa con procesos erosivos (figura 2), la abundancia absoluta en la zona intermareal presentó un rango de dispersión para la especie *O. quadrata* de 0 a 6 con una media de 2,7, mientras *U. thayeri* mostró de 0 a 4,5 con una media de 2. La zona medio litoral presenta un rango de dispersión para *O. quadrata* de 2,5 a 5,5 con una media de 3,54 y la especie *U. thayeri* de 0,5 a 8,75 con una media de 2,95. La zona supralitoral presenta un rango de dispersión para *O. quadrata* de 1 a 4,75 con una media de 2,83 y para *U. thayeri* de 0,75 a 5,25 con una media 2,62. Sin embargo, no mostraron diferencias significativas ($p=0,60$ *Kruskal - Wallis test*).

Cuadro 2. Riqueza, abundancia absoluta (Ai), abundancia relativa porcentual (AR%) y desviación estándar de cangrejos según el tipo y zona de playa, Puerto Vargas, PNC, 2018.

| Sitio/Mes | Playa con erosión | | | | | | Playa sin erosión | | | | | |
|--|--------------------|-------------|-------------|------------------------------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|-------------|------------------------------------|-------------|-------------|
| | <i>O. quadrata</i> | | | <i>Uca sp</i> <i>Thayeri sp</i> | | | <i>O. quadrata</i> | | | <i>Uca sp</i> <i>Thayeri sp</i> | | |
| | Ai | AR% | s | Ai | AR% | s | Ai | AR% | s | Ai | AR% | s |
| Intermareal | | | | | | | | | | | | |
| Junio | 2,25 | 0,33 | 1,26 | 2,50 | 0,36 | 1,29 | 3,25 | 0,47 | 2,75 | 0,50 | 0,07 | 1,00 |
| Julio | 2,00 | 0,29 | 2,16 | 4,50 | 0,66 | 2,52 | 3,50 | 0,51 | 2,38 | 3,25 | 0,47 | 0,96 |
| Agosto | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,25 | 0,18 | 2,50 | 1,75 | 0,26 | 3,50 |
| Septiembre | 4,50 | 0,66 | 1,91 | 2,25 | 0,33 | 1,71 | 2,75 | 0,40 | 2,50 | 2,00 | 0,29 | 1,83 |
| Octubre | 6,00 | 0,88 | 1,41 | 1,50 | 0,22 | 1,73 | 2,00 | 0,29 | 2,31 | 0,50 | 0,07 | 1,00 |
| Noviembre | 1,50 | 0,22 | 1,91 | 1,25 | 0,18 | 1,50 | 1,25 | 0,18 | 1,50 | 0,75 | 0,11 | 1,50 |
| Promedio | 2,71 | 0,40 | 1,44 | 2,00 | 0,29 | 1,46 | 2,33 | 0,34 | 2,32 | 1,46 | 0,21 | 1,63 |
| Medio litoral | | | | | | | | | | | | |
| Junio | 5,50 | 0,80 | 3,51 | 8,75 | 1,28 | 4,11 | 1,75 | 0,26 | 1,71 | 2,25 | 0,33 | 0,50 |
| Julio | 2,50 | 0,36 | 3,11 | 4,75 | 0,69 | 3,86 | 2,00 | 0,29 | 1,63 | 0,50 | 0,07 | 1,00 |
| Agosto | 4,00 | 0,58 | 3,16 | 1,25 | 0,18 | 0,96 | 4,00 | 0,58 | 4,69 | 4,00 | 0,58 | 4,69 |
| Septiembre | 2,50 | 0,36 | 2,08 | 1,00 | 0,15 | 1,15 | 1,00 | 0,15 | 1,41 | 1,00 | 0,15 | 1,15 |
| Octubre | 3,00 | 0,44 | 3,56 | 0,50 | 0,07 | 1,00 | 3,25 | 0,47 | 2,22 | 1,25 | 0,18 | 1,50 |
| Noviembre | 3,75 | 0,55 | 6,85 | 1,50 | 0,22 | 3,00 | 2,75 | 0,40 | 3,77 | 0,75 | 0,11 | 1,50 |
| Promedio | 3,54 | 0,52 | 3,71 | 2,96 | 0,43 | 2,35 | 2,46 | 0,36 | 2,57 | 1,63 | 0,24 | 1,72 |
| Supralitoral | | | | | | | | | | | | |
| Junio | 2,25 | 0,33 | 0,96 | 3,50 | 0,51 | 1,73 | 0,75 | 0,11 | 0,96 | 1,25 | 0,18 | 1,50 |
| Julio | 3,00 | 0,44 | 0,00 | 5,25 | 0,77 | 1,71 | 1,00 | 0,15 | 2,00 | 1,00 | 0,15 | 2,00 |
| Agosto | 4,75 | 0,69 | 0,96 | 0,75 | 0,11 | 0,96 | 5,00 | 0,73 | 4,55 | 2,75 | 0,40 | 3,77 |
| Septiembre | 3,00 | 0,44 | 2,58 | 1,25 | 0,18 | 2,50 | 2,25 | 0,33 | 2,06 | 2,25 | 0,33 | 1,71 |
| Octubre | 3,00 | 0,44 | 6,00 | 3,75 | 0,55 | 2,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,25 | 0,18 | 1,50 |
| Noviembre | 1,00 | 0,15 | 1,15 | 1,25 | 0,18 | 1,50 | 4,75 | 0,69 | 5,74 | 1,75 | 0,26 | 3,50 |
| Promedio | 2,83 | 0,41 | 1,94 | 2,63 | 0,38 | 1,84 | 2,29 | 0,33 | 2,55 | 1,71 | 0,25 | 2,33 |
| Promedio total | 3,03 | 0,44 | | 2,53 | 0,37 | | 2,36 | 0,34 | | 1,60 | 0,23 | |
| Total de transectos muestreados | | | | 144 | | | | | | | | |
| Total de individuos observados | | | | 685 | | | | | | | | |

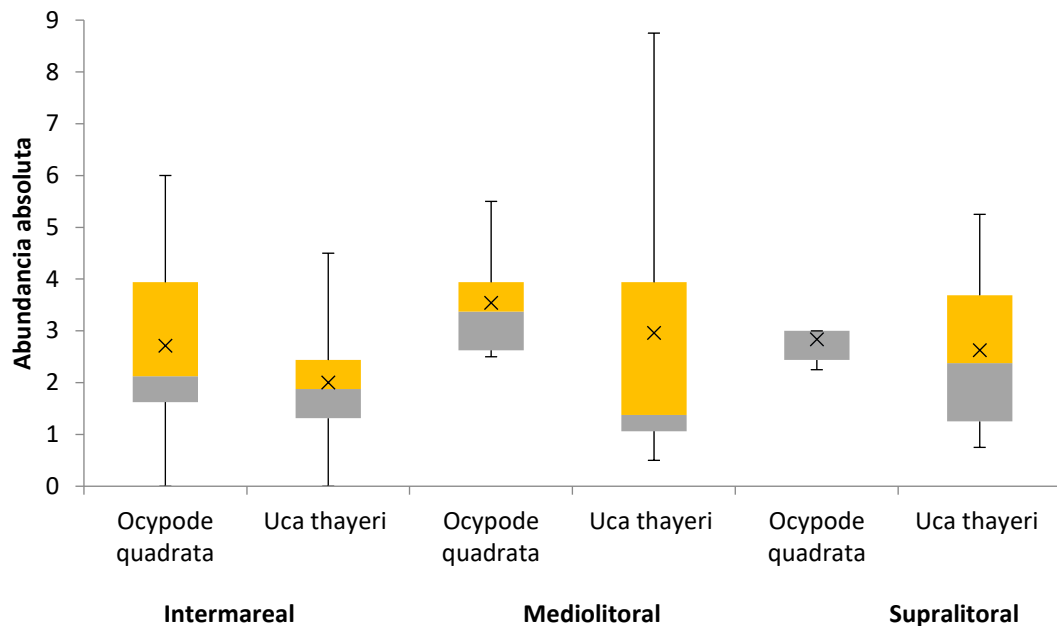


Figura 2. Abundancia absoluta de cangrejos en zona intermareal, medio litoral y supralitoral de la playa con procesos erosivos, Puerto Vargas, Parque Nacional Cahuita, 2018.

En la playa sin procesos erosivos (figura 3), la abundancia absoluta para *O. quadrata* en la zona intermareal presentó un rango de dispersión de 1 a 3,5 con una media de 2,3 y para *U. thayeri* de 0,5 a 3,3 con una media de 1,5. La zona medio litoral presentó para *O. quadrata*, un rango de dispersión de 1 a 4 con una media de 2,5 y para *U. thayeri* de 0,5 a 4 con una media de 1,6. La zona supralitoral presentó para *O. quadrata* un rango de dispersión de 0 a 5 con una media de 2,3 y para *U. thayeri* de 1 a 2,8 con una media 1,7. Mostraron diferencias significativas entre zonas significativas ($p=0,65$ Fisher test).

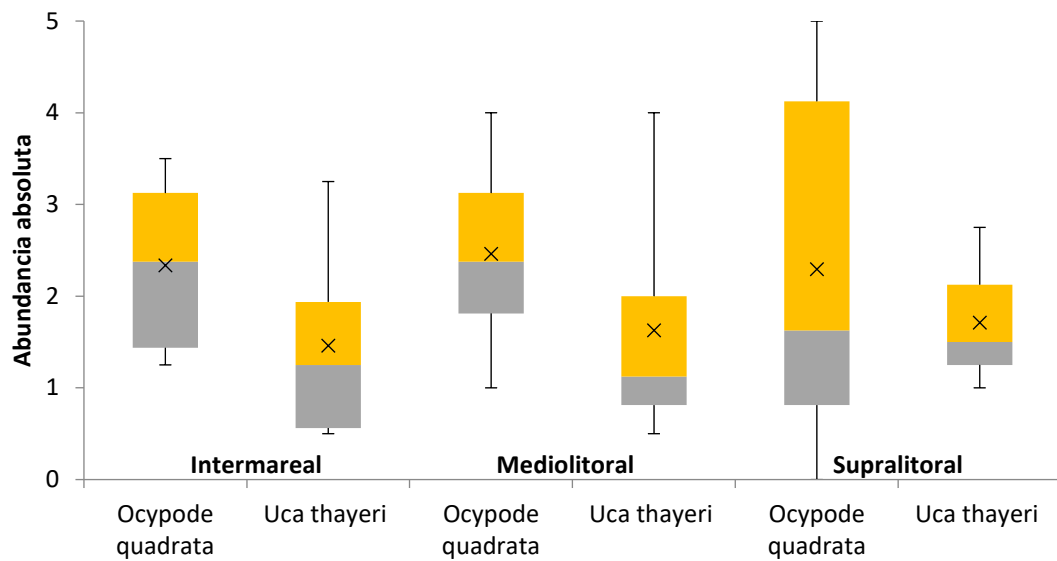


Figura 3. Abundancia absoluta de cangrejos en zona intermareal, medio litoral y supralitoral de la playa sin procesos erosivos, Puerto Vargas, Parque Nacional Cahuita, 2018.

En general, la mayor abundancia de cangrejos se encuentra en la playa con procesos erosivos (figura 4) y mostró diferencias significativas ($p=0,03$ *Kruskal - Wallis Test*). En la playa con procesos erosivos, la abundancia absoluta presentó un rango de dispersión para *O. quadrata* de 0 a 6 con una media de 3 y para *U. thayeri* de 0 a 8,8 con una media de 2,5. En la playa sin procesos erosivos, la abundancia absoluta presentó un rango de dispersión para *O. quadrata* de 0 a 5 con una media de 2,4 y para *U. thayeri* de 0,5 a 4 con una media de 1,6.

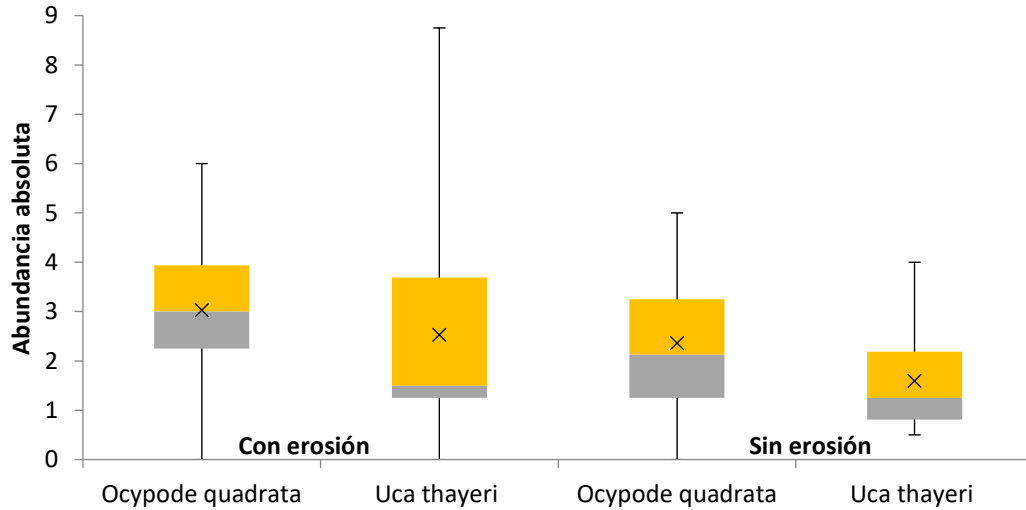


Figura 4. *Abundancia absoluta total de cangrejos en playas con procesos erosivos y sin procesos erosivos, Puerto Vargas, Parque Nacional Cahuita, 2018.*

De acuerdo con el índice de similitud de Bray Curtis y el análisis de clasificación aglomerativa, los sitios con mayor similitud en cuanto a abundancia relativa fueron las zonas supralitoral sin procesos erosivos, medio litoral sin procesos erosivos e intermareal sin procesos erosivos con un 96% (figura 5). Estos tres sitios mostraron similitud en menor medida con la zona intermareal con erosión en un 91,5% y con las zonas supralitoral con erosión y medio litoral con erosión en un 91%; la similitud generalizada fue de 80% para las seis zonas.

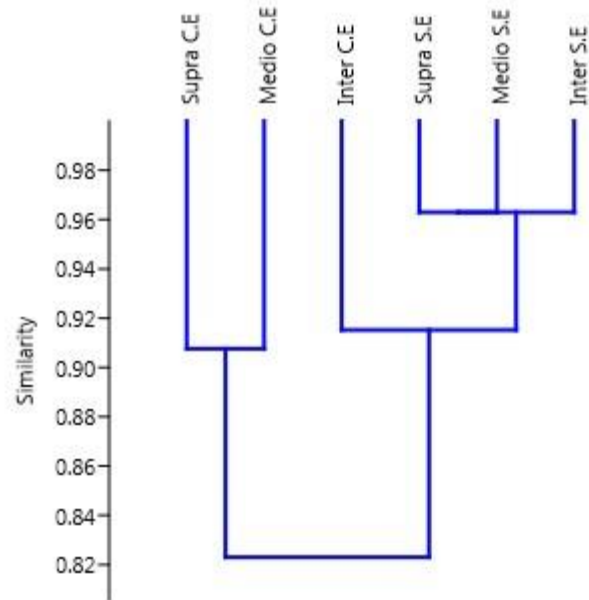


Figura 5. Dendrograma de agrupamiento de las zonas muestreadas según el índice de similitud de Bray Curtis a partir de las abundancias relativas de cangrejos, Puerto Vargas, Parque Nacional Cahuita, 2018.

En cuanto a las curvas de acumulación de especies: Mau Tau, ACE mean, ICE mean, Chao 1, Chao 2, Jack 1, Jack 2 y Bootstrap mean, los sitios con procesos erosivos (figura 6) presentaron tendencia a permanecer constante en dos especies, a partir de la décima muestra. En los sitios sin procesos erosivos (figura 7), se mantuvieron constantes en dos especies, a partir de la catorceava muestra. En general (figura 8), la playa de Puerto Vargas presentó tendencia a permanecer constante en dos especies a partir de la onceava muestra. La eficiencia del muestreo fue del 100%.

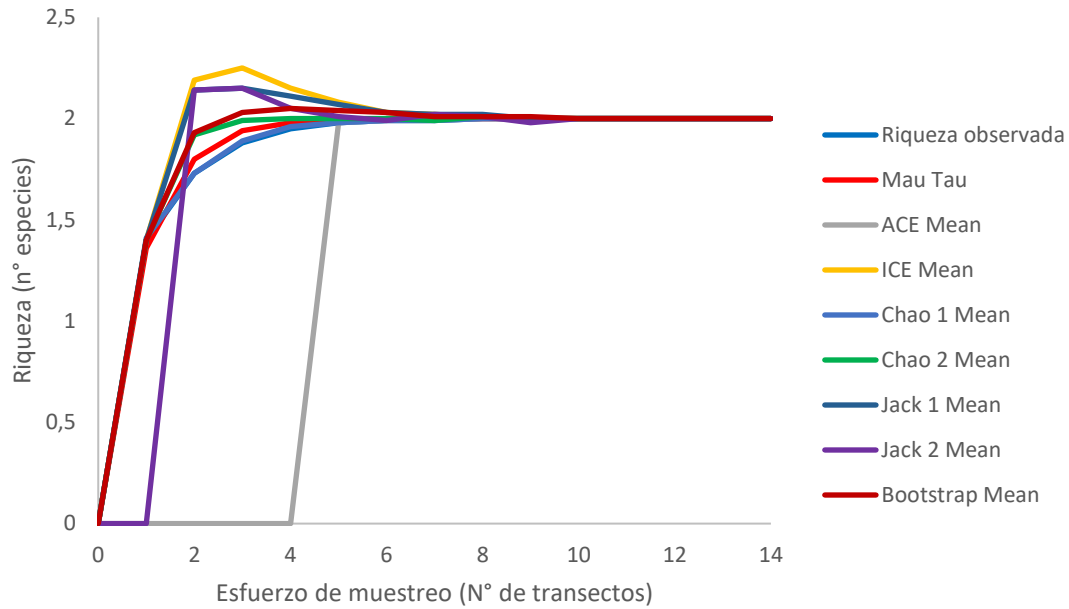


Figura 6. *Curvas de acumulación de riqueza:*

Mau Tau, ACE mean, ICE mean, Chao 1, Chao 2, Jack 1, Jack 2 y Bootstrap mean. Playa Puerto Vargas con procesos erosivos, Parque Nacional Cahuita, 2018.

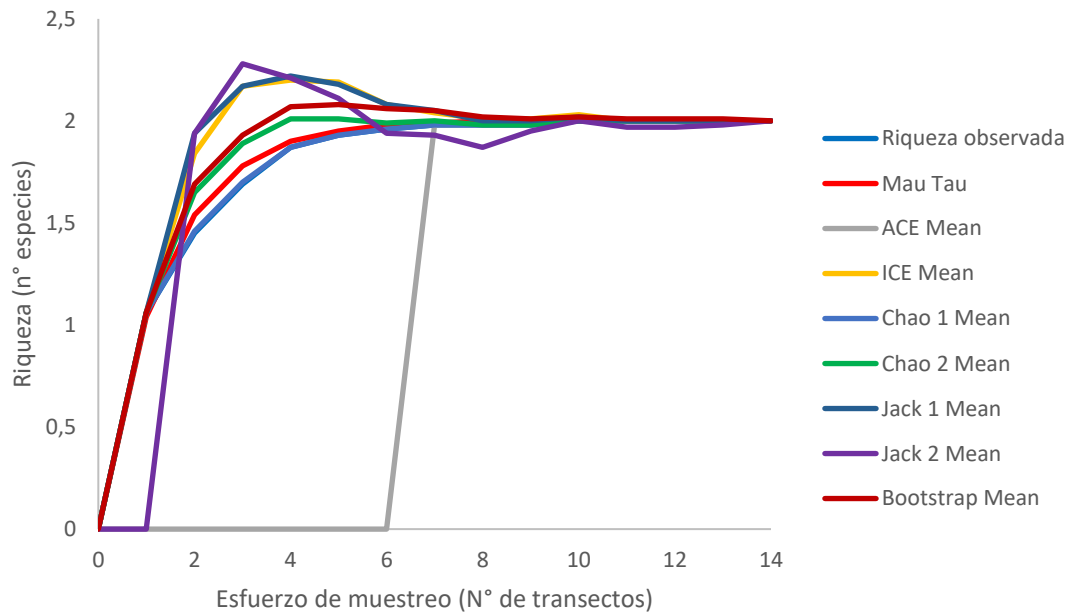


Figura 7. *Curvas de acumulación de riqueza:*

Mau Tau, ACE mean, ICE mean, Chao 1, Chao 2, Jack 1, Jack 2 y Bootstrap mean. Playa Puerto Vargas sin procesos erosivos. Parque Nacional Cahuita, 2018.

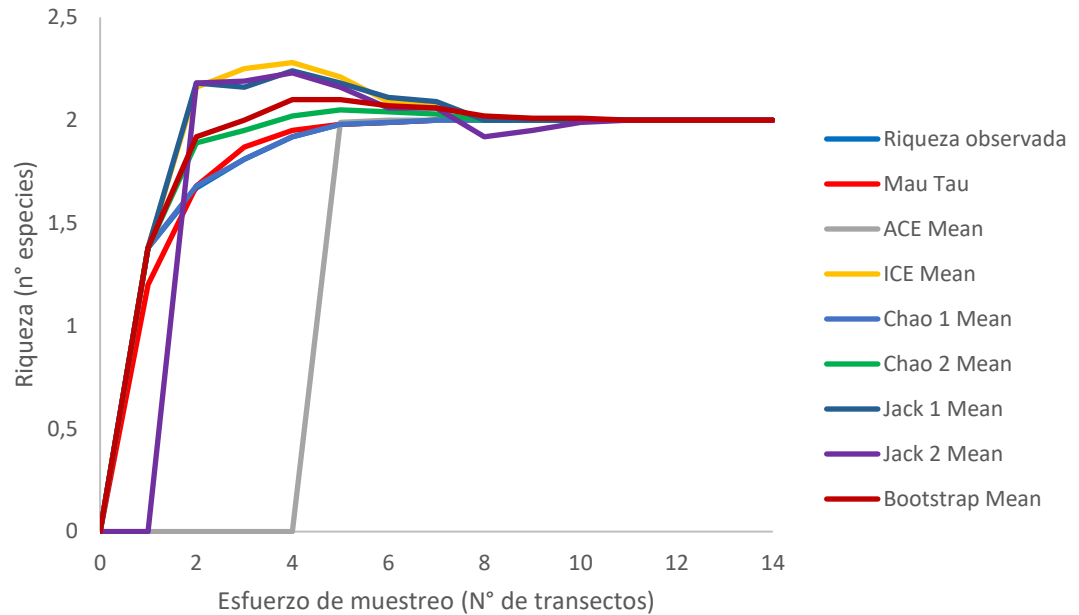


Figura 8. *Curvas de acumulación de riqueza total: Mau Tau, ACE mean, ICE mean, Chao 1, Chao 2, Jack 1, Jack 2 y Bootstrap mean. Playa Puerto Vargas, Parque Nacional Cahuita, 2018.*

Relación de las Características Físicoquímicas con la Comunidad de Cangrejos Excavadores

En cuanto al tipo de grano, en promedio la playa contiene un 92% de arena fina según la escala de Wentworth (1922), y se cataloga como playa buena según el protocolo Pronamec (Sinac, 2016) para playas arenosas.

Únicamente en agosto, tanto en la zona intermareal de los sitios con procesos erosivos como en los sitios sin procesos erosivos, aumentó el 87% promedio de arena gruesa debido a los efectos colaterales de una tormenta; sin embargo, en el siguiente mes la zona intermareal de la playa alcanzó a recuperar el estado normal granulométrico.

En cuanto a la salinidad y alcalinidad, se mantuvo constante en 20 UPS y pH 7 respectivamente en toda la playa, a pesar de los efectos derivados de la tormenta, esto no influyó en la salinidad y alcalinidad reportada.

Por su parte, según el modelo Poisson, la pendiente es significativa para la

abundancia de cangrejos en la zona intermareal con procesos erosivos. El modelo Andeva (figura 9) mostró que la zona intermareal con procesos erosivos presenta un máximo de 6°, mínimo 1° y una media de 3°, la zona supra litoral con procesos erosivos tiene un máximo de 7°, mínimo 0,2° y una media de 1,84°. La zona intermareal sin procesos erosivos presenta un máximo de 3°, mínimo 0,75° y una media de 2°, la zona supralitoral sin procesos erosivos presenta un máximo de 3,5°, mínimo 0,25° y una media de 1,4°.

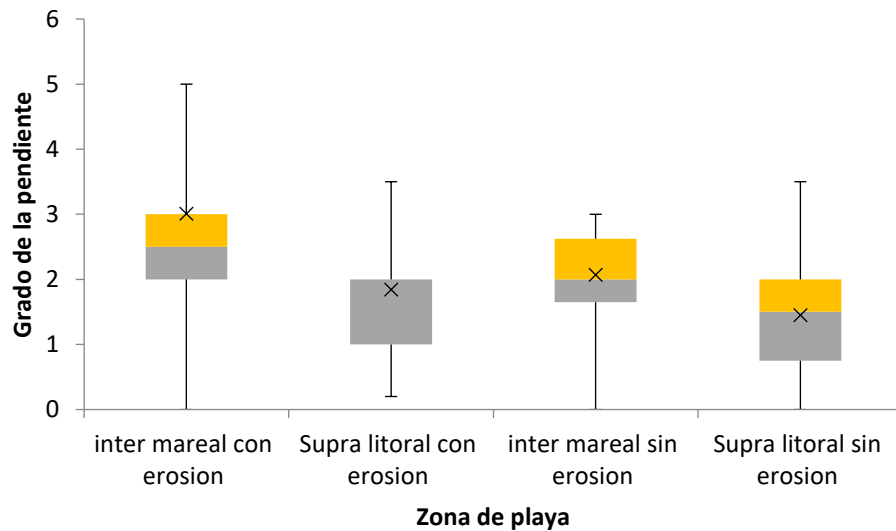


Figura 9. Pendientes en las zonas intermareal y supralitoral con procesos erosivos y sin procesos erosivos. Playa Puerto Vargas, Parque Nacional Cahuita, 2018.

En general, las mayores pendientes se registraron en los sitios con procesos erosivos (figura 10), donde se encontró la mayor abundancia de cangrejos. Los sitios con procesos erosivos presentaron un máximo de 7°, mínimo 0,2° y media de 2,4°. Los sitios sin procesos erosivos presentaron un máximo de 3,5°, mínimo 0,25° y una media de 1,75°, mostrando diferencias significativas ($p=0,003$ Wilcoxon Mann-whitney 95%).

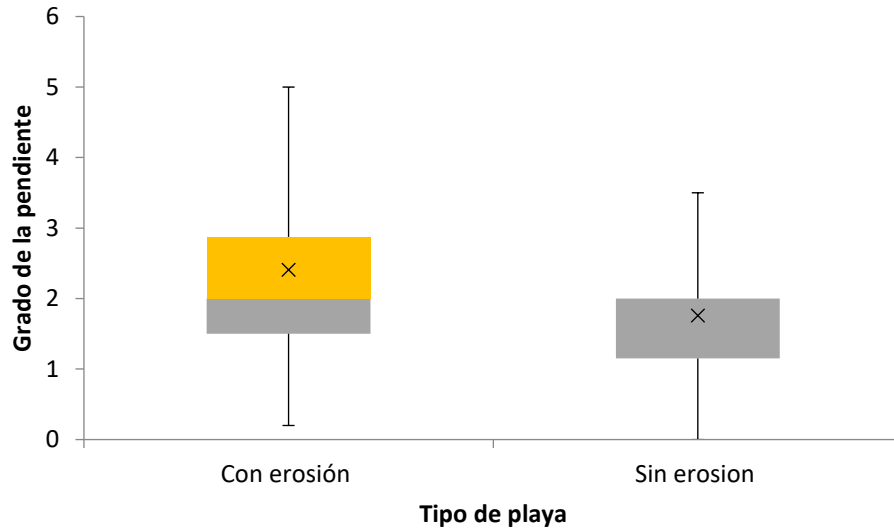


Figura 10. *Pendiente promedio en los sitios con procesos erosivos y sin procesos erosivos. Playa Puerto Vargas, Parque Nacional Cahuita, 2018.*

En cuanto a la temperatura, el modelo Poisson reveló diferencias entre la abundancia de cangrejos. En el modelo Andeva (figura 11) reveló que los sitios con procesos erosivos presentaron temperaturas mayores que los sitios sin procesos erosivos. Los sitios con procesos erosivos mostraron en la zona intermareal una máxima de 37°C, mínima 27°C y una media de 32°C; la zona media litoral presenta una máxima de 38°C, mínima 26°C y una media de 31°C; la zona supralitoral presenta una máxima de 36°C, mínima 26°C y una media de 31°C.

En los sitios sin procesos erosivos, la zona intermareal presentó una máxima de 34°C, mínima 28°C y una media de 31°C. La zona media litoral sin erosión presentó una máxima de 33°C, mínima 26°C y una media de 29,5°C; la zona supralitoral presentó una máxima de 36°C, mínima 26°C y una media de 30°C.

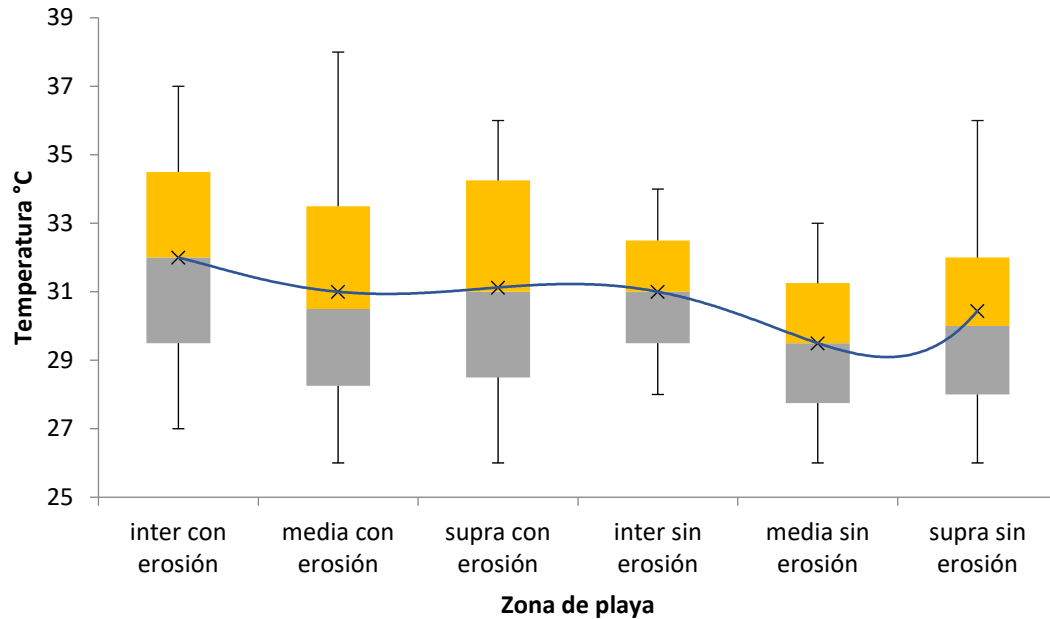


Figura 11. *Temperaturas en las zonas intermareal, media litoral y supralitoral con procesos erosivos y sin procesos erosivos. Playa Puerto, Parque Nacional Cahuita, 2018*

En general (figura 12), la mayor temperatura se encontró en los sitios con procesos erosivos con una máxima de 38°C, mínima 26°C y la media es de 31°C. Los sitios sin procesos erosivos presentaron una máxima de 36°C, mínima 26°C y la media es de 30°C. Sin embargo, no mostraron diferencias significativas ($p=0,2$ t-student).

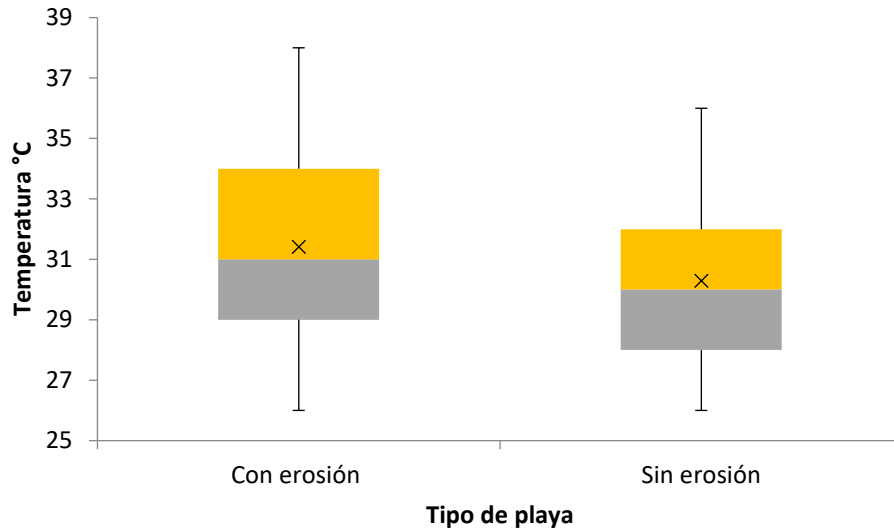


Figura 12. *Temperatura promedio en los sitios con procesos erosivos y sin procesos erosivos. Playa Puerto Vargas, Parque Nacional Cahuita, 2018.*

Finalmente, los datos que muestra el modelo Poisson señalan que el ancho de playa influye significativamente en la abundancia de los cangrejos excavadores. El modelo Andeva mostró que los sitios con mayor ancho de playa no presentaron procesos erosivos y estos sitios, a su vez, contienen una menor abundancia de cangrejos en relación con los que mostraron procesos erosivos.

El ancho de playa en los sitios con procesos erosivos, en la zona intermareal, presentó un máximo de 25,3 m., mínimo 4,1 m., media 11,6 m. y una desviación estándar de 5,8 m. La zona supralitoral presentó un máximo de 16,5 m., mínimo 2,5 m., media 6,6 m. y una desviación estándar de 4,0 m. Por su parte, en los sitios sin procesos erosivos, la zona intermareal presentó un máximo de 33,3 m., mínimo 10 m., media 19,7 m. y una desviación estándar de 6,1 m.; la zona supralitoral sin erosión presentó un máximo de 30 m., mínimo 4,6 m., media 14,9 m. y una desviación estándar de 8,3 m (cuadro 3).

Cuadro 3. Ancho de playa en las zonas intermareal y supralitoral con procesos erosivos y sin procesos erosivos. Playa Puerto Vargas, PNC, 2018.

| zona | Con procesos erosivos | | | | Sin procesos erosivos | | | |
|---------------------|-----------------------|-------|--------|----------|-----------------------|-------|--------|----------|
| | Máx | Mín | Media | σ | Máx | Mín | Media | σ |
| Intermareal | 25,3 m | 4,1 m | 11,6 m | 5,8 m | 33,3 m | 10 m | 19,7 m | 6,1 m |
| Supralitoral | 16,5 m | 2,5 m | 6,6 m | 4 m | 30 m | 4,6 m | 14,9 m | 8,3 m |

En general (figura 13), el mayor ancho de playa mostró en los sitios sin procesos erosivos un máximo de 33,3 m., mínimo 4,6 m., media 17,3 m. y una desviación estándar de 7,64 m. Mientras que los sitios con procesos erosivos presentaron un máximo de 25,3 m., mínimo 2,5 m., media 9,1 m. y una desviación estándar de 5,5 m. El ancho de playa en relación con los procesos erosivos mostró diferencias significativas $p=0,00003$ (Wilcoxon Mann-Whitney 95%).

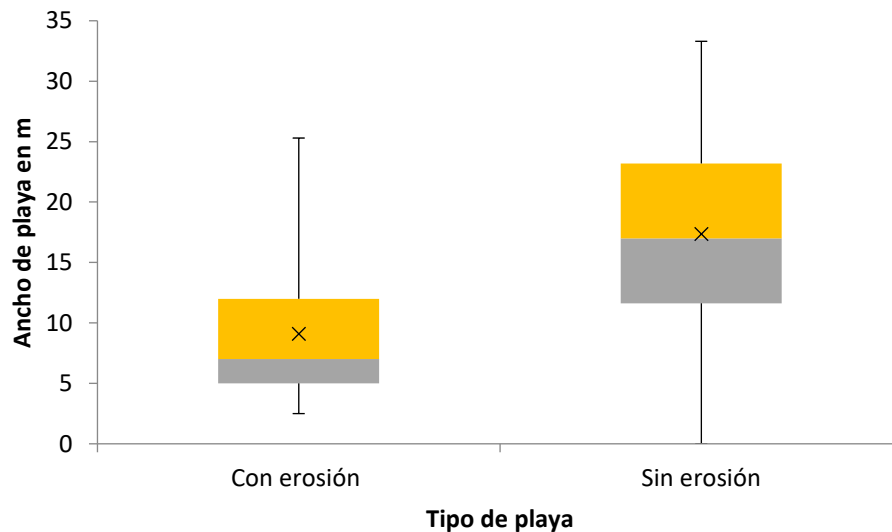


Figura 13. Ancho de playa promedio en sitios con procesos erosivos y sin procesos erosivos. Playa Puerto Vargas, Parque Nacional Cahuita, 2018

La aplicación del modelo de Poisson mostró que los factores abióticos que influyen significativamente en la abundancia de los cangrejos excavadores son: la pendiente en la zona intermareal con procesos erosivos ($p=0,05$), la temperatura en los sitios sin

procesos erosivos ($p=0,01$) y, en general, considerando toda la playa, fue el ancho de playa ($p=0,02$) (cuadros 4, 5 y 6).

Cuadro 4. *Modelo Poisson con el Chi-cuadrado de Wald aplicado en las zonas intermareal, medio litoral y supralitoral con procesos erosivos.*

| Relación Zona intermareal con erosión | | | Relación Zona medio litoral con erosión | | | Relación Zona supralitoral con erosión | | |
|---------------------------------------|----------------------|-------------|---|----------------------|------|--|----------------------|------|
| Origen | Chi-cuadrado de Wald | Sig. | Origen | Chi-cuadrado de Wald | Sig. | Origen | Chi-cuadrado de Wald | Sig. |
| (Intersección) | 1,91 | 0,17 | (Intersección) | 0,02 | 0,89 | (Intersección) | 0,02 | 0,89 |
| temperatura | 1,37 | 0,24 | temperatura | 0,32 | 0,57 | temperatura | 1,48 | 0,22 |
| salinidad | 0,00 | 0,97 | salinidad | 0,48 | 0,49 | salinidad | 1,16 | 0,28 |
| pendiente | 3,85 | 0,05 | pendiente | 0,04 | 0,84 | pendiente | . ^a | . |
| ancho | 0,13 | 0,72 | ancho | 0,26 | 0,61 | ancho | 1,34 | 0,25 |
| pH | . ^a | . | pH | . ^a | . | pH | . ^a | . |
| hora | 3,48 | 0,62 | hora | 3,33 | 0,07 | hora | 0,66 | 0,42 |
| fecha | 2,00 | 0,16 | fecha | 0,15 | 0,70 | fecha | 0,62 | 0,43 |

Variable dependiente: Abundancia.

Modelo: (intersección), temperatura, salinidad, pendiente, ancho, pH, hora, fecha.

Se calcula basándose en la devianza.

a. Definido en cero porque este parámetro es redundante.

En negrita, se marcan los efectos significativos.

Cuadro 5. *Modelo Poisson con el Chi-cuadrado de Wald aplicado en las zonas intermareal, medio litoral y supralitoral sin procesos erosivos.*

| Relación Zona intermareal sin erosión | | | Relación Zona medio litoral sin erosión | | | Relación Zona supralitoral sin erosión | | |
|---------------------------------------|----------------------|------|---|----------------------|------|--|----------------------|------|
| Origen | Chi-cuadrado de Wald | Sig. | Origen | Chi-cuadrado de Wald | Sig. | Origen | Chi-cuadrado de Wald | Sig. |
| (Intersección) | 0,26 | 0,61 | (Intersección) | 0,722 | 0,40 | (Intersección) | . ^a | . |
| temperatura | 1,81 | 0,18 | temperatura | 2,139 | 0,14 | temperatura | 1,34 | 0,25 |
| salinidad | 2,62 | 0,11 | salinidad | 1,09 | 0,30 | salinidad | 0,07 | 0,79 |
| pendiente | 0,20 | 0,65 | pendiente | 0,007 | 0,93 | pendiente | 0,23 | 0,63 |
| ancho | 2,20 | 0,14 | ancho | 3,021 | 0,08 | ancho | 0 | 0,99 |
| pH | . ^a | . | pH | . ^a | . | pH | . ^a | . |
| hora | 0,01 | 0,93 | hora | 0,33 | 0,57 | hora | 2,07 | 0,15 |
| fecha | 0,23 | 0,63 | fecha | 0,05 | 0,82 | fecha | 1,65 | 0,20 |

Variable dependiente: Abundancia.

Modelo: (intersección), temperatura, salinidad, pendiente, ancho, pH, hora, fecha.

Se calcula basándose en la devianza.

a. Definido en cero porque este parámetro es redundante.

Cuadro 6. *Modelo Poisson con el Chi-cuadrado de Wald aplicado en los sitios con procesos erosivos, sin procesos erosivos y en la totalidad de la playa.*

| Relación sitios con erosión | | | Relación sitios sin erosión | | | Relación playa total | | |
|-----------------------------|----------------------|------|-----------------------------|----------------------|-------------|----------------------|----------------------|-------------|
| Origen | Chi-cuadrado de Wald | Sig. | Origen | Chi-cuadrado de Wald | Sig. | Origen | Chi-cuadrado de Wald | Sig. |
| (Intersección) | 0,05 | 0,83 | (Intersección) | 1,81 | 0,18 | (Intersección) | 1,02 | 0,31 |
| temperatura | 0,27 | 0,61 | temperatura | 7,25 | 0,01 | temperatura | 1,52 | 0,22 |
| salinidad | 0,95 | 0,33 | salinidad | 0,01 | 0,93 | salinidad | 0,30 | 0,59 |
| pendiente | 0,81 | 0,37 | pendiente | 0,57 | 0,45 | pendiente | 0,33 | 0,57 |
| ancho | 0,00 | 0,98 | ancho | 2,49 | 0,12 | ancho | 5,44 | 0,02 |
| pH | . ^a | . | pH | . ^a | . | pH | . ^a | . |
| hora | 0,41 | 0,52 | hora | 1,11 | 0,29 | hora | 1,38 | 0,24 |
| fecha | 0,14 | 0,71 | fecha | 1,56 | 0,21 | fecha | 1,38 | 0,24 |

Variable dependiente: Abundancia.

Modelo: (intersección), temperatura, salinidad, pendiente, ancho, pH, hora, fecha.

Se calcula basándose en la devianza.

a. Definido en cero porque este parámetro es redundante.

En negrita, se marcan los efectos significativos.

Acciones para la Conservación de la Comunidad de Cangrejos

Percepción de los Actores de Interés

Se entrevistó a seis miembros del consejo local, ellos han observado al menos siete especies de cangrejos en la playa, en medio de la vegetación o en zonas rocosas. En la figura 14 se observan las especies frecuentemente reportadas por los entrevistados, entre las que destacan la *O. quadrata*, *U. thayeri* y *Cardisoma guanhumi*.

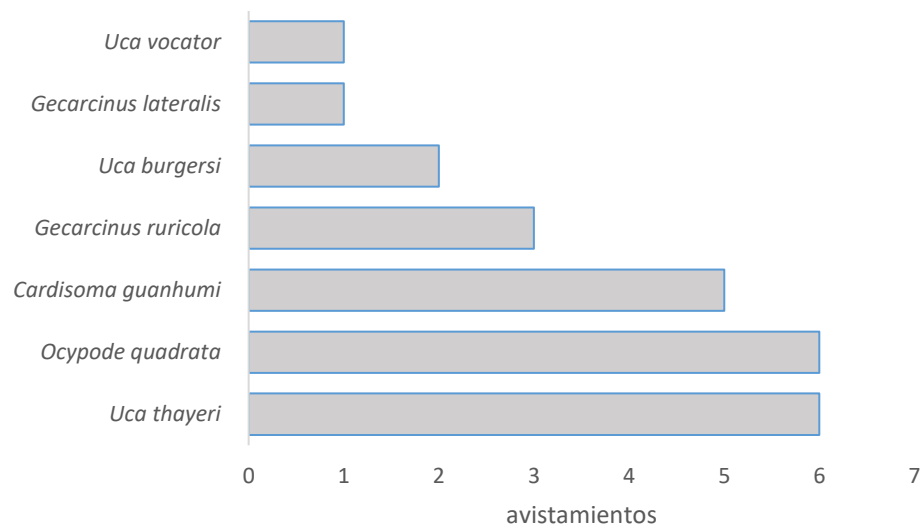


Figura 14. Avistamientos de cangrejos, entrevistas Consejo Local, Parque Nacional Cahuita, 2019.

En general, los entrevistados coinciden en que las poblaciones de cangrejo se están reduciendo y la única población estable es *O. quadrata*. Además, el 50% de los entrevistados no conoce la función ecológica de los cangrejos, los restantes señalaron que son descomponedores, recolectores de residuos, forman parte de la cadena alimenticia y son alimento de especies tales como: mapaches (*Procyon sp*), pizote (*Nasua sp*), langosta (*Panulirus argus*), pargo (*Pagrus pagrus*), meros (*Epinephelus spp*), sábalo

(*Megalops sp*), guatusas (*Dasyprocta punctata*), aves de rapiña como la cigüeña (*Mycteria americana*), el halcón peregrino (*Falco peregrinus*) y el gavilán pescador (*Pandion haliaetus*).

Las principales acciones que señalan los entrevistados para proteger los cangrejos en el Parque Nacional Cahuita son:

- ✓ Obras de mitigación o adaptación de la línea de costa.
- ✓ Educativa e informativa sobre qué tipos de cangrejos hay, medios de vida y para qué sirven.
- ✓ Monitoreo e investigación como indicador de biodiversidad para el atractivo turístico.
- ✓ Protección y control de hembras ovígeras.

Las principales acciones que señalan los entrevistados para evitar la erosión en el Parque Nacional Cahuita son:

- ✓ Repoblar con arrecifes artificiales las zonas muertas de la cresta.
- ✓ Estudiar el tamaño del arrecife (índice de rugosidad).
- ✓ Diseñar un plan de manejo del arrecife.
- ✓ Desarrollar de un tajamar desde río Suarez hasta la punta Cahuita.
- ✓ Elaborar de un borde de playa con llantas llenas de cemento en sitios de mayor erosión.
- ✓ Colocar dados, tetraedros, tuberías o buques en puntos estratégicos de la costa.
- ✓ Restaurar el borde de playa plantando: almendro de playa, uva de playa, icaco y sangrillo.

Las principales amenazas del cangrejo en el Parque Nacional Cahuita que señalan los entrevistados son:

- ✓ Contaminación afecta la reproducción.
- ✓ La erosión costera que drena su hábitat.
- ✓ Cambio climático.

Según los entrevistados, las instituciones responsables de velar por la protección de los cangrejos excavadores son: Ministerio de Ambiente y Energía (Minae), Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (Incopesca), Ministerio de Agricultura y Ganadería

(MAG), Ministerio de Educación Pública (MEP). Municipalidad de Talamanca, Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), Instituto Costarricense de Turismo (ICT), Consejo local, Asociación de Desarrollo, Organizaciones No Gubernamentales (ONG's), Proparques, Corredores Biológicos y Mar Viva.

Entre los datos obtenidos del taller virtual, se establecieron las siguientes pautas de manejo para la conservación de la comunidad de cangrejos.

Cuadro 7. Pautas de manejo para la conservación de la comunidad de cangrejos excavadores en Puerto Vargas

| Sitio | Pauta | Metodología | Periodicidad | Responsables | Socios | Personal requerido |
|--------------------------------|---|---|---|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Toda la playa de Puerto Vargas | Monitoreo de comunidad de cangrejos excavadores. | Selección de cuatro sitios, dos con procesos erosivos y dos sin procesos erosivos, montar transectos 2 X 50 m en las zonas intermareal, medio litoral y supralitoral, identificación y conteo de cangrejos presentes. Medición del ancho de playa, la pendiente y la temperatura en estos sitios. | Trimestral, durante la semana de luna llena, con la marea baja. | Universidades e investigadores | Sinac | Especializado |
| Toda la playa de Puerto Vargas | Desarrollo de talleres sobre los cangrejos excavadores. | Desarrollo de talleres a los pobladores del distrito de Cahuita (MEP, sector turismo y pesquero) sobre la identificación de cangrejos, su función en el ecosistema y su importancia en la cadena trófica. | Cada tres años | Universidades e investigadores | Sinac ICT | Especializado |
| Toda la playa de Puerto Vargas | Implementación de arrecife artificial. | Establecimiento de parches de coral muerto y colocar estructuras de alta resistencia con perforaciones ubicadas en el fondo del mar. | Cada cinco años | Sinac | ICE, AyA, Universidad es, ONG's | Especializado |
| Toda la playa de Puerto Vargas | Estabilización de playas arenosas. | Restauración, a lo largo de la costa, de especies que tengan propiedades de retener la arena y reducir la velocidad del viento, tales como: almendro de playa, uva de playa, icaco y sangrillo | Anual | Sinac | INA, ONG's, Proparques , MEP | Especializado y no especializado |

DISCUSIÓN

Relación de la Comunidad de Cangrejos con los Factores Abióticos

Algunas investigaciones han demostrado que los factores abióticos pueden modificar las comunidades, poblaciones e individuos, e incluso alterar la red trófica (Lercari y Defeo, 2003; Veloso, Silva, Caetano y Cardoso, 2006; Schlacher, Richardson y McLean, 2008; Lewis, Bodegom, Rozema y Janssen, 2012) y en última instancia, reducir la resiliencia de los ecosistemas (Fabiano, Marín, Paoli y Vassallo, 2009; Vinebrooke, Cottingham y Norberg, 2004).

Estos cambios podrían reflejarse en una alteración de la biodiversidad, el funcionamiento y el dinamismo del ecosistema. Por lo tanto, una consideración de los componentes de este, como la presencia o ausencia de procesos erosivos, el ancho de playa, la temperatura, salinidad, pendiente y el pH, pueden incidir en las características morfológicas de la playa, así como en los factores determinantes para el aporte de alimentos como para el soporte de cadenas tróficas, que deben ser evaluados al momento de tomar acciones de manejo en las playas. (Field *et al.*, 1989; Gaedke, 1995).

En este estudio, la menor abundancia se registró en los sitios sin procesos erosivos y en comparación con los sitios con procesos erosivos, en concordancia con Lercari, Bergamino y Defeo (2010), quienes apuntan a que las playas sin procesos erosivos son consideradas como hábitats estresantes ya que muestran niveles tróficos bajos de depredadores a nivel superior, con menor riqueza, abundancia y biomasa que las playas con procesos erosivos. Debido a que la movilidad de los organismos está condicionada principalmente por la cercanía al mar (Brown y McLachlan, 2006), en los sitios sin procesos, el mayor ancho de playa conlleva a un desplazamiento importante de los organismos, susceptibles a quedar endebletes a la depredación.

Sin embargo, también se ha demostrado que la reducción de las dunas es una de las principales causas del descenso de cangrejos, debido a la reducción de espacio disponible para construir galerías (Barros, 2001; Noriega, Schlacher y Smeuninx, 2012); por lo que la dinámica trófica puede ser mayor en sitios con procesos erosivos, pero no siempre en beneficio del cangrejo, al quedar desprovisto paulatinamente de su hábitat, los datos señalan que el ancho de playa influye significativamente en la abundancia de

los cangrejos excavadores, los cuales necesitan la arena para construir sus galerías y, al mismo tiempo, estar cerca del mar.

Tal como mencionan Acuña y Jaramillo (2015), una perturbación de sedimentos en Chile afectó negativamente la macrofauna que habita en las playas arenosas, especialmente al cangrejo del género *Ocypode*. Este organismo se quedó desprovisto de arena para formar hoyos, madrigueras y protegerse.

En cuanto a la temperatura, el modelo Poisson señala que puede llegar a ser significativa para la abundancia de cangrejos. En concordancia con Arteta (2009), que encontró que la familia *Ocypodidae* está condicionada particularmente para sobrevivir en el medio en que habitan y que no están adaptadas para colonizar otros nichos donde haya un descenso de temperatura, los datos recopilados muestran variaciones de 10°C entre los mínimos y máximos.

Además, Cruz y Borzone (2008) señalan que un descenso en la salinidad y penetración de sedimentos puede evitar la ocurrencia de cangrejos. Los datos recabados registraron precisamente el menor número de cangrejos cuando ocurrió un aumento de arena gruesa en las zonas intermareales. Este disturbio posiblemente estuvo influenciado por el sistema de baja presión que se da en la zona de convergencia intertropical.

Según Trejo (2016), el impacto de las tormentas con potencial de erosión varía en función del tipo de tormenta al que el sistema este expuesto y responde a la dirección del oleaje y la orientación de la playa, por lo que la mezcla de sedimentos puede propiciar zonas de acreción como de erosión.

Por otra parte, en concordancia con el estudio efectuado, la investigación de Gutiérrez, Pérez, Campos y Arzola (2018) determinó que la pendiente de 3° favoreció una población de cangrejos *Grapsus grapsus* en el crecimiento isométrico (longitud y peso). También, en otros cangrejos como *Chaceon chilensis* (Guerrero y Arana, 2009) y *Austinixia aidaae* (Peiro, Pezuto y Mantelatto, 2011), debido al rápido acceso e intercambio de energía del mar con las dunas.

Finalmente, el estudio efectuado en ambientes intermareales (Steckbauer *et al.*, 2015) registró mayor tolerancia de los crustáceos sobre otros grupos taxonómicos en condiciones de acidez. Este grupo sería el más tolerante ante una eventual acidificación por tener posiblemente una regulación de pH más eficiente (Wheatly y Henry, 1992). A

pesar de que los datos recopilados muestran una constante de pH 7 en todos los sitios, esta cualidad le brinda al cangrejo una ventaja frente a una eventual acidificación de la playa a causa del cambio climático.

Acciones de Conservación para la Comunidad de Cangrejos

La biodiversidad que reporta el Parque Nacional Cahuita ha propiciado el estudio multidisciplinar en diversos tópicos. Sin embargo, los estudios carcinológicos no han tenido, hasta la fecha, un lugar relevante. Son pocos los antecedentes de investigación sobre biología, ecología o manejo pesquero de cangrejos, situación que se repite en otras localidades. (Gómez *et al.*, 2009).

Esta comunidad de cangrejos es importante para enriquecer la cadena trófica del Parque Nacional Cahuita. Estos organismos dependen de los insumos provenientes del mar, se alimentan de productores, zooplancton, detritos y sedimentos principalmente, y a su vez, sirven de alimento para aves, reptiles, mamíferos y peces. (Cifuentes y Masterson, 1991).

De acuerdo con los datos recabados, donde los entrevistados coinciden en que la principal función del cangrejo se encuentra en el transporte de energía en la cadena trófica. Esta situación generó interés por conservarlos en vista de la reducción que ha tenido esta comunidad en los últimos años, y que podría poner en riesgo el avistamiento de otros animales tope de la cadena alimenticia en este sitio y que son interesantes para el sector turismo.

Para las aves, por ejemplo, su ocurrencia y abundancia está influenciada por las características del hábitat que les rodea, son fáciles de observar y de gran atractivo para el público, pueden ser representativas de la riqueza y abundancia que hay en un lugar. (Villegas y Garitano, 2008).

En correspondencia con otros estudios, Barrionuevo y Marcial (2006) determinaron que de 38 especies de aves costeras, 23 son netamente piscívoras y 15 se alimentan de crustáceos y larvas de insectos. Al igual que el estudio de Spivak (1997), donde los cangrejos en diversos ambientes de estuarios, lagunas costeras y humedales forman parte de la dieta de peces y aves.

A su vez, dada la notable reducción de playa en algunos sitios del parque, los entrevistados coinciden en que se debe proteger mejor este hábitat a través de medidas de mitigación de la línea costera como principal acción de conservación de esta comunidad de cangrejos, al influir directamente en el hábitat del organismo. Tal es el caso de éxito en Colombia, donde se ejecutó un plan de acción a diez años para prevenir, mitigar, controlar y recuperar a corto, mediano y largo plazo, aquellas áreas afectadas por los procesos erosivos. (Guzmán *et al.*, 2008).

Algunos impactos asociados al aumento del nivel del mar que será necesario mitigar son la erosión y retroceso de la línea de costa, intrusión salina en los acuíferos y estuarinos, pérdida de humedales costeros y aumento de niveles freáticos (Vázquez, 2008). Por su parte, las consecuencias socioeconómicas están asociadas a la pérdida de propiedades, de hábitats costeros, pérdidas de transporte y flujo ecosistémico, pérdidas en la calidad del paisaje que afecta al sector turismo y recreación. (Tejada, 2018).

Corrales, Ríos, Bouroncle e Imbach (2014) destacan como medidas de control y prevención de la erosión, la incorporación en la planificación de la infraestructura costera a los humedales, permitiendo que migren tierra adentro, ya sea comprando tierras o poniendo restricciones al desarrollo y la agricultura costera. También, conservar y promover la restauración de la biodiversidad de vegetación en las marismas, manglares y praderas de pastos marinos, retirar de la costa estructuras abandonadas que no se estén utilizando para permitir la migración de especies vegetales en la costa, utilizar diques naturales que ayuden a disipar la acción del oleaje y restaurar las cuencas hidrográficas.

Sierra (2015) describe algunas medidas de control y prevención de la erosión que se utilizan a nivel mundial, así como ventajas y desventajas, impacto visual y efectividad para controlar la erosión (cuadro 8). Estas acciones se discutieron en el taller virtual como posibles medidas de mitigación de la línea costera en el Parque Nacional Cahuita.

Cuadro 8. *Medidas de control y prevención de la erosión costera a nivel mundial.*

| Método | Descripción | Ventaja | Desventaja | Impacto visual | Efectividad para controlar la erosión |
|-----------------------|---|---|--|-----------------------|--|
| Rompeolas | Estructura rocosa construida en paralelo a la costa. | Reduce la intensidad de las olas sobre las costas, provee seguridad, construcción en zonas poco profundas. | Depósito de sedimentos a lo largo de la costa, daños por desbordamiento por tormentas intensas. | SÍ | SÍ |
| Gavión | Muro de rocas sujetos con mallas de alta resistencia. | Compuesto por material natural, fácil de construir, estabilización de costas, filtración de sedimentos por escorrentía. | Tiende a presentar socavación, la unión de la estructura depende de la resistencia del alambre | SÍ | SÍ |
| Revestimiento | Depósito de material rocoso con pendiente entre 6° y 10° de inclinación entre el mar y la zona terrestre. | Compuesto por rocas, absorbe la energía entrante de las olas, bajo costo. | Para tormentas intensas se debe construir a una altura mayor de la costa rasante, para evitar el desprendimiento de los bloques. | NO | SÍ |
| Acropode (tedraedros) | Bloques de concreto de altura máxima de 3 m., con forma de yaxes, ubicadas enfrente de las costas. | Su diseño permite estar anclado al suelo, disipa la energía de la ola. | Difícil de maniobrar, requiere maquinaria pesada. | SÍ | SÍ |

| | | | | | |
|-----------------------------|--|--|---|----|----|
| Dolos | Estructura de concreto diseñadas con forma de la letra T, altura máxima de 1,5 m. | Su diseño permite estar anclado al suelo, disipa la energía de la ola. | Difícil de maniobrar, requiere maquinaria pesada. | SÍ | SÍ |
| Espolón | Armado de una estructura rocosa perpendicular a la línea costera. | Impide el transporte de sedimentos, es permeable, fácil de construir. | Interrumpe el flujo del agua. | SÍ | NO |
| Muro de contención curvo | Estructura de concreto y refuerzo de alta resistencia construida frente al mar con una inclinación hacia la costa. | La concavidad de la estructura actúa como elemento disipador de energía, control del desbordamiento y protección contra la socavación. | Ingeniería y diseños complejos, reflexión de ondas inducen socavación en la base. | SÍ | SÍ |
| Muro de contención vertical | Estructura de concreto y refuerzo, las cuales pueden llegar a tener alturas considerables dependiendo del uso. | Absorbe la energía por el impacto de las olas, desvía la energía de línea costera, fácil de diseñar y construir. | Socavación al pie de la estructura, costo elevado por daños a corto plazo. | SÍ | SÍ |
| Arrecife artificial | Estructura de concreto de alta resistencia con perforaciones ubicadas en el fondo del mar. | Estimula la vida marina, diversidad de materiales para su construcción. | Instalación en área sumergida, requiere de buzos para su acomodo, demora en construcción. | NO | SÍ |

| | | | | | |
|----------------------------------|---|---|---|----|----|
| Regeneración de playas | Dragado de arena de una zona específica y depositarla en la zona a regenerar en varias operaciones a lo largo de la costa. | Expansión del área para actividades recreativas, protección de las estructuras costa atrás, siempre y cuando la arena permanezca en el sitio. | El sitio se convierte en un lugar de construcción, la arena utilizada usualmente es diferente a la arena natural, alto costo para la construcción, la arena utilizada normalmente se erosiona más que la arena natural, puede generar daños a las especies nativas. | NO | SÍ |
| Sand motor | Dragar arena y depositarla en una sola operación en la zona erosionada, el viento y las olas se encargan de la distribución a lo largo de la costa. | El viento y las olas se encargan de distribuir la arena a lo largo de la costa, depósito del material en una zona específica, vida útil de 20 años en promedio, usos recreacionales, generación de flora y fauna. | Modifica en un porcentaje la estructura de la costa. | NO | SÍ |
| Estabilización de dunas de arena | Restauración con plantas a lo largo de la costa, que tengan propiedades de retener la arena y reducir la velocidad del viento para evitar la erosión. | Creación de hábitat para plantas y animales, retienen arena para evitar la erosión, reduce el impacto del agua y el viento. | Afectación por la actividad humana cerca de la zona, actividades recreacionales generan impacto de erosión. | NO | SÍ |

Expuestas las anteriores medidas de mitigación y por tratarse de un parque nacional que posee recursos marinos y terrestres de extraordinario valor, los cuales justifican su conservación (Poder Ejecutivo, 1978), los miembros del consejo local y funcionarios del parque optan por emprender las medidas que no generen un impacto visual, que sean de un bajo costo y que contribuyan al flujo ecosistémico del parque, como lo es repoblar con arrecifes artificiales las zonas muertas de la cresta y estabilizar la línea costera con especies vegetales de extraordinario valor, como propuestas de manejo viables para mitigar la erosión costera de esta zona.

Corrales, Ríos, Bouroncle e Imbach (2014) apuntan que mantener y restaurar la vegetación de las playas con especies nativas crea sombra natural. Los árboles y arbustos mitigan las altas temperaturas y contribuyen con la reducción de la erosión costera. La vegetación en el interior y a lo largo de la costa, también ayuda a conservar la humedad y proteger las fuentes de agua, especialmente en aquellas donde la tendencia de la precipitación es a disminuir.

También, sugieren reducir al mínimo la modificación de la línea de costa para mantener los hábitats naturales que protegen el agua, las especies y regulan el clima local, ya que el desarrollo litoral aumenta el riesgo de intrusión de agua salada, que puede ser perjudicial para las zonas con escasez de agua. Esto implica tomar en consideración los impactos del cambio climático en la planificación de nuevos proyectos de infraestructura costera.

Estas acciones permiten la preparación para que se pueda manejar el medio ambiente de modo sustentable, considerando la ecología saludable que garantiza la durabilidad de los ecosistemas y, al mismo tiempo, teniendo presente la gobernabilidad, el respeto y reconocimiento del valor tradicional y cultural.

CONCLUSIONES

Abundancia y Diversidad de Cangrejos

En la playa arenosa se registraron dos especies: *O. quadrata* y *U. thayeri*. La mayor abundancia se registró en los sitios con procesos erosivos y se presentan diferencias significativas con los sitios sin procesos erosivos.

En los sitios con procesos erosivos, la mayor abundancia se registró en la zona medio litoral, mientras que en los sitios sin procesos erosivos, la mayor abundancia se presentó en la zona supralitoral.

La similitud generalizada de abundancia es de un 80% para las seis zonas en estudio, mientras que playa de Puerto Vargas presentó una tendencia a permanecer constante en dos especies, a partir de la onceava muestra.

Relación de la Comunidad de Cangrejos con los Factores Abióticos

Los factores abióticos que influyen en la abundancia de cangrejos son: la pendiente, la temperatura y el ancho de playa.

La pendiente de 3° favorece la abundancia del cangrejo *O. quadrata* y *U. thayeri* dado que en estos sitios de la playa Puerto Vargas se encontró la mayor abundancia, debido al rápido acceso e intercambio de energía del mar con las dunas.

La temperatura influye en la abundancia de cangrejos en los sitios sin procesos erosivos. Estas poblaciones se resguardan del calor cerca de la vegetación, debido a que la familia *Ocypodidae* no está adaptada para colonizar otros nichos donde existan cambios de temperatura fuera de un rango de 26°C y 38°C.

La salinidad se mantuvo constante en 20 UPS en toda la playa, lo que sugiere una estabilidad para el movimiento entre madrigueras en búsqueda de nutrientes.

Domina la arena fina en los sitios con procesos erosivos como en los sitios sin procesos erosivos, por lo que la playa Puerto Vargas de Cahuita presenta condiciones de salinidad y tipo de grano estables, influenciada ocasionalmente por tormentas que acarrear un descenso en la salinidad y penetración de sedimentos que puede impedir la

ocurrencia de cangrejos, pero que rápidamente la playa regresa a sus condiciones habituales.

El pH fue constante en toda la playa, lo que sugiere que este ecosistema se encuentra resiliente a la acidificación de los océanos.

Acciones de Conservación para la Comunidad de Cangrejos Excavadores

El consejo local coincide en la necesidad de implementar el arrecife artificial y la estabilización de las playas arenosas empleando especies vegetales.

La estabilización de la línea costera por medio de la siembra de especies vegetales como: almendro de playa, uva de playa, icaco y sangrillo a lo largo de la costa, podría retener la arena y reducir la velocidad del viento.

Se evidencia la necesidad de contar con un plan de monitoreo y de educación de la comunidad de cangrejos del Parque Nacional Cahuita.

RECOMENDACIONES

Con el fin de encaminar las acciones de conservación planteadas como pautas para la conservación de la comunidad de cangrejos excavadores en Puerto Vargas, las recomendaciones serán clasificadas y expuestas según a las instituciones y actores de interés involucrados.

SINAC

Establecer el índice de rugosidad del arrecife, a través de la implementación de protocolos de monitoreo en conjunto con universidades y ONG´s, que evalúe anualmente las variables de: cobertura, abundancia y densidad de corales, para identificar los parches de coral muerto y repoblar estas áreas con arrecife artificial.

Afianzar la alianza con el ICE y el AyA, quienes podrían aportar las estructuras de alta resistencia que se utilizarían en el fondo del mar como arrecife artificial.

Incluir protocolos de monitoreo trimestral de las tasas de sedimentación y el ancho de playa para conocer la evolución de la erosión costera.

Colocar a lo largo de la costa, en conjunto con el INA, ONG´s, Proparques y el MEP, la restauración ecológica, fomentando el uso de vegetación con propiedades de retener la arena y reducir la velocidad del viento, tales como: almendro de playa, uva de playa, icaco y sangrillo.

Afianzar el programa de compensación por el servicio que ofrece el Parque Nacional Cahuita de procesamiento de residuos y sedimentos que vienen de la parte media y alta de la cuenca del río La Estrella por medio del reconocimiento de las empresas agrícolas a través de sus programas de responsabilidad social.

Realizar la valoración económica de los servicios ecosistémicos que el parque brinda y establecer una estrategia de negociación con el sector privado que permita determinar el tipo de compensación que se podría implementar.

Consolidar la construcción de una planta de tratamiento para Cahuita o compensación en los sectores de Kelly Creek y playa Blanca como sumideros de aguas

residuales, por medio del canon de vertidos.

Universidades e Investigadores

Incentivar investigaciones, preferiblemente multidisciplinarias, en relación con los cangrejos en las carreras afines a las ciencias biológicas y el manejo de recursos naturales.

Fomentar, en instituciones y centros de investigación e universidades, por medio de cursos y/o capacitaciones sobre la identificación, ecología, importancia de la carcinología en playas.

Seguimiento de las comunidades de cangrejos, en colaboración con el Sinac, con inventarios y colecciones de fotografías. También, la recolección, actualización y conservación de muestras en museos del país de ambas costas.

Colaborar con el Sinac en el monitoreo de la comunidad de cangrejos excavadores de la playa Puerto Vargas, al menos cada tres meses, para la determinación del estado de esta población.

Impartir talleres sobre la identificación de las especies de cangrejos más abundantes y su impacto ecológico, sus funciones, necesidad de conservación y uso sostenible, dirigidos a las comunidades locales, estudiantes de primaria, tour-operadores y funcionarios del Sinac.

Capacitar al personal de los tour operadores en las relaciones tróficas para potenciar el avistamiento de aves en los sitios donde abundan cangrejos como parte de los atractivos de turísticos del parque.

A las ONG´s, la promoción y desarrollo de la restauración del arrecife artificial, así como la renovación ecológica de la línea de costa.

Pescadores y Tour-Operadores Locales

Participación en los talleres sobre identificación, conservación y uso sostenible de la comunidad de cangrejos de playas arenosas, impartidos por universidades e investigadores.

Colaboración, con el Sinac, en el respeto de la barrera de coral de la punta Cahuita.

Demarcación, con el Sinac, de otros sitios para el buceo y pesca artesanal.

LITERATURA CITADA

- Abele, L. & Kim, W. (1986). *An Illustrated Guide to the Marine Decapods Crustaceans of Florida*. B. Mar. Sci. 32:807-822.
- Acuña, E. y Jaramillo, E. (2015). Macroinfauna en playas arenosas de la costa del Norte Grande de Chile sometidas a diferentes presiones antrópicas. Valdivia, Chile: *Revista de biología marina y oceanografía*, 50(2) pp299-313 DOI 10.4067/S0718-19572015000300008
- Addadi, L., Raz, S. & Weiner, S. (2003). Taking Advantage of Disorder: Amorphous Calcium Carbonate and Its Roles in Biomineralization. *Advanced Materials*, 15(12): pp959-970.
- Ahyong, S., Lowry, J., Alonso, M., Bamber, R., Boxshall, G., Castro, P., ... Svavarsson, J. (2011). Subphylum Crustacea Brünnich, 1772. Z.Q. Zhang (Ed.), *Animal biodiversity: An outline of higher – level classification and survey of taxonomic richness*. *Zootaxa* (3148), pp. 165-191.
- AIDA. (2012). *Los arrecifes de coral en Costa Rica: valor económico, amenazas y compromisos legales internacionales que obligan a protegerlos*. ISBN 13- 978-0-9823143-6-4. Recuperado de: [informe corales costa rica 0.pdf \(aida-americas.org\)](#)
- Ampuero, A. (2018). *Relación del pH y oxígeno disuelto de fondo con la distribución del bentos calcificante de la plataforma centro – norte Peruana*. Tesis de Maestro. Ciencias del Mar, Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- Angeloni, P. (2003). *Impacto del uso recreativo sobre la fauna macrobentónica de las playas arenosas de la Bahía de La Paz*. México: IPN – CICIMAR.
- Arroyo, I., Bravo, L., Llinás, H. y Muñoz, F. (2014). *Distribuciones poisson y gamma: una discreta y continua relación*. Barranquilla, Colombia: Universidad del Norte.
- Arteta, R. (2009). Cangrejos en el delta del río Ranchería, Riohacha (Colombia) (Crustácea: Decapoda: Brachyura). *Boletín Científico Museo de Historia Natural*, 13(1) ISSN 0123-3068 p140-152
- Asamblea Nacional Constituyente. (1949). *Constitución Política*. San José, Costa Rica. Recuperado de: Sistema Costarricense de Información Jurídica.
- Asamblea Legislativa. (1998). *Ley N°7788 Ley de biodiversidad*. San José, Costa Rica. Recuperado de: Sistema Costarricense de Información Jurídica.

- Badii, M., Landeros, J. y Cerna, E. (2007). Patrones de asociación de especies y sustentabilidad. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 3(1) ISSN 1870-557X p632-660
- Ballesteros, D. y Salazar, P. (2012). *Variabilidad y Cambio del Nivel del Mar en Costa Rica*. Informe Técnico preparado por el Laboratorio de Oceanografía y Manejo Costero de la Universidad Nacional. Costa Rica: UNA. 31 pp.
- Barrionuevo, R. y Marcial, R. (2006). *Ecología trófica de la fauna acuática en el manglar de San Pedro Sechura*. Perú: Universidad Nacional de Piura.
- Barros, F. (2001). Ghost crabs as a tool for rapid assessment of human impacts on exposed sandy beaches. *Biological conservation*, 97, 399-404 pp.
- Botello, A., Villanueva, S., Gutiérrez, J. y Rojas, J. 2010. *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático*. Gobierno del Estado de Tabasco. Semarnat-INE, UNAM-ICMyL, Universidad Autónoma de Campeche. 514 p.
- Brown, A. & McLachlan, A. (2006). *The Ecology of Sandy Shores* (2 ed). Amsterdam: Elsevier
- Cajiao, M. (2006). *Manual de Legislación Marino Costera en Costa Rica* (1 ed.). San José, Costa Rica: Fundación Marviva. ISBN: 9968-9605-3-5
- Cameron, C., Davies, D. y Agulhas, V. (2012). *La gestión de riesgos de eventos extremos y desastres en América Latina y el Caribe: Aprendizaje del informe especial (SREX) del IPCC*. Reino Unido: Alianza Clima y Desarrollo.
- Canales, J., Benítez, E., Pérez, R., Zaldívar, A., Gómez, M., Cardoso, J. & Merino, M. (2020). Inter-annual diversity of birds in the shoreline of an island in the southern gulf of Mexico. *Huitzil* 21 (1). DOI: <https://doi.org/10.28947/hrmo.2020.21.1.433>
- Careaga, A. Sica, R. Cirillo, A. y Luz, S. (2006). *Aportes para diseñar e implementar un taller*. 8vo. Seminario-Taller en Desarrollo Profesional Médico Continuo (DPMC) 2das Jornadas de Experiencias educativas en DPMC.
- Carvajal, J. (2008). *Ensamble de aves, murciélagos y escarabajos estercoleros en diferentes tipos de cobertura vegetal, en un agro paisaje del Norte de Costa Rica*. Tesis de Maestría. Instituto Internacional en Manejo y Conservación de Vida Silvestre. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 113 p.
- Cruz, L. & Borzone, C. (2008). Spatial distribution of the *Ocypode quadrata* (Crustacea: Ocypodidae) along estuarine environments in the Paranaguá Bay Complex, southern

- Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 25(3), p. 383-388.
- Cifuentes, M. y Masterson, D. (1991). *Plan Nacional Cahuita: Plan emergente*. San José, Costa Rica: Catie.
- Corrales, L., Ríos, N., Bouroncle, C. e Imbach, P. (2014). *Vulnerabilidad y escenarios bioclimáticos de los sistemas marino-costeros del Caribe de América Central*. San José: Costa Rica, 80 p. BIOMARCC-GIZ-USAID.
- Corrales, M. y Sibaja, J. (2015). Macrofauna bentónica de las playas de arena del Área de Conservación Osa. Puntarenas, Pacífico Sur de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 63, p. 273-285 ISSN: 0034-7744
- Corrales, L. (2016). *Vigésimosegundo informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. Informe final "conservación, biodiversidad y zona marino costera de Costa Rica: avances, cambios y desafíos"*. San José, Costa Rica. Recuperado de: https://estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/022/Ambiente/Corrales_L_2016_Conservacion.pdf
- Davidson, T. & Rivera, C. (2010). *Accelerated Erosion of Saltmarshes Infested by the Non-Native Burrowing Crustacean Sphaeroma Quoianum*. Marine Ecology Progress Series, 419:129-136.
- Dean, R. (1973). *Heuristic models of sand transport in the surf zone*. Sydney, Australia: Proceedings of Conference on Engineering Dynamics in the Surf Zone.
- Dean, R. (1991). Equilibrium beach profiles: Characteristics and applications. *Journal of Coastal Research*, 7, p. 53-84
- Defeo, O., McLachlan, A., Schoeman, D., Schlacher, T., Dugan, J., Jones, A., Lastra, M. & Scapini, F. (2009). Threats to sandy beach ecosystems: A review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 81, p. 1–12.
- Dionne, J. (1985). Tidal marsh erosion by geese, St. Lawrence estuary, Quebec. *Geogr Phys Quatern* 39, p99-105
- Escapa, M., Minkoff, D., Perillo, G. & Iribarne, O. (2007). Direct and indirect effects of burrowing crab *Chasmagnathus granulatus* activities on erosion of southwest Atlantic *Sarcocornia*-dominated marshes. *Limnol Oceanogr*, 52, p. 2340-2349
- FAO. (2005). *20 THINGS TO KNOW ABOUT THE IMPACT OF SALT WATER ON AGRICULTURAL LAND IN ACEH PROVINCE*. Recuperado de: <http://www.fao.org/ag/tsunami/docs/saltwater-guide.pdf>

- FAO. (2009). *Guía para la descripción de suelos*. Roma, Italia: recuperado de <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>
- Fabiano, M., Marín, V., Paoli, C. & Vassallo, P. (2009). Methods for the sustainability evaluation of coastal zone. *Journal of Mediterranean Ecology*, 10, p. 5–11.
- Ferrari, M. (2010). *Percepción social del riesgo: problemáticas costeras y vulnerabilidad en playa Magagna (Chubut)*. IGEPAT (Instituto de Investigaciones Geográficas de la Patagonia), Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Sede Trelew. Conicet.
- Field, J., Wulff, F. & Mann, K. (1989). The need to analyse ecological networks. In: Wulff, F., Field, J.G., Mann, K.H. (Eds.), *Network Analysis in Marine Ecology: Methods and Applications*. Coastal and Estuarine Studies. Springer-Verlag, Berlin, p. 3–12.
- Gabet, E. (1998). Lateral migration and bank erosion in a saltmarsh tidal channel in San Francisco Bay, California. *Estuaries*, 21, p745-753
- Gaedke, U. (1995). A comparison of whole-community and ecosystem approaches (biomass size distributions, food web analysis, network analysis, simulation models) to study the structure, function and regulation of pelagic food webs. *Journal of Plankton Research*, 17, p1273–1305.
- García, R., González, J. y Jornet, J. (2010). *SPSS: pruebas no paramétricas. Kolmogorov Smirnov*. España: Universidad de Valencia, Grupo de Innovación Educativa.
- García, J. y Ramírez, A. (2015). Orden decápoda. Dep. Biología Animal, Fac. Ciencias, Univ. Málaga, España: *Revista IDE@ - SEA*, 80, p.1–17.
- García, V., Vargas, J. y García, J. (2006). *Calidad Bacteriológica y desechos sólidos en cinco ambientes costeros de Costa Rica*. San José, C.R.: UCR.
- Gómez, L., Sosa, a., Moreno, I. y Jover, A. (2009). Biodiversidad, morfometría y alimentación de los cangrejos del género *Callinectes* (Decapoda: Portunidae) en Santiago de Cuba. *Rev. Biol. Trop.*, 57, p671-686 ISSN-0034-7744
- Guerrero, P. & Arana. P. (2009). Size structure and sexual maturity of the golden (*Chaceon chilensis*) exploited off Robinson Crusoe Island, Chile. *Latin American Journal Aquatic Research*, 37 (3): pp347-360. DOI: 10.4067/S0718-560X2009000300006.
- Gutiérrez, Y., Pérez, R., Campos, E. y Arzola, J. (2018). Estructura de tallas y relaciones biométricas del cangrejo roca *Grapsus* en las islas Lobos, Venados y Pájaros,

- Sinaloa, México. *Hidrobiológica*, 28(1), p. 31-36.
- Guzmán, W., Posada, B., Guzmán, G. y Morales, D. (2008). *Programa nacional de investigación para la prevención, mitigación y control de la erosión costera en Colombia. PNIEC: plan de acción 2009-2019*. Invemar. 72 p. ISBN 978-958-8448-07-7
- Hardy, J. (2003). *Climate change, causes, effects, and solutions*. Inglaterra: John Wiley and Sons.
- Hendrickx, M. (1983). *Estudio de la fauna marina y costera del sur de Sinaloa, México. III. Clave de identificación de los cangrejos de la familia Portunidae (crustacea: decapoda)*. Estación Mazatlán, Sinaloa: Contribución 344 del Instituto de Ciencias del Mar y limnología, UNAM.
- Herrera, A. (2007). *Influencia de los ríos sobre los ecosistemas marinos – costeros: ejemplos sobre las comunidades de playas arenosas*. Tesis Doctoral, Universidad Simón Bolívar, Venezuela.
- Hidalgo, G. (2017). *Comunidades intermareales de la macrofauna en playas arenosas del Litoral Central de Veracruz, Golfo de México: un enfoque de integridad ecológica*. Tesis Doctoral, Universidad Veracruzana, México.
- Hutchings, P. (1986). Biological destruction of coral reefs. A review. *Coral Reefs*, 4, p. 239-252.
- Iris, S. (2007). *Talleres comunitarios de educación ambiental para la introducción del pensamiento ambiental a nivel local*. Universidad de la Matanza, Organización Visión Ambiental.
- Kokot, R. (1999). *Cambio climático y evolución costera en Argentina*. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Lázaro, P. Saucedo, H. y Namuche, R. (2010). *Salinidad del suelo*. México: Semarnat – Sagarpa.
- Lemaitre, R. & Tavares, M. (2015). New taxonomic and distributional information on hermit crabs (Crustacea: Anomura: Paguroidea) from the Gulf of Mexico, Caribbean Sea, and Atlantic coast of South America. *Zootaxa*, 3994(4), p. 451 – 506
- Lercari, D. (2000). *Efectos de la descarga de agua dulce sobre Emerita brasiliensis (crustacea) en las playas arenosas disipativas*. Tesis de Maestría, Universidad de la República Montevideo, Uruguay.

- Lercari, D. & Defeo, O. (2003). Variation of a sandy beach macrobenthic community along a human-induced environmental gradient. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58S, p. 17–24.
- Lercari, D., Bergamino, L. & Defeo, O. (2010). Trophic models in sandy beaches with contrasting morphodynamics: comparing ecosystem structure and biomass flow. *Ecological Modelling*, 221, p. 2751–2759.
- Lewis, L., Bodegom, P., Rozema, J. & Janssen, G. (2012). Does beach nourishment have long-term effects on intertidal macroinvertebrate species abundance? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 113, p172–181.
- Little, C. (2000). *The biology of soft shores and estuaries*. USA: Oxford University Press.
- Lizano, O. (2007). Climatología del viento y oleaje frente a las costas de Costa Rica. *Ciencia y tecnología*, 25(1-2), p. 43-56. ISBN: 0378-0524
- Lizano, O. y Gutiérrez, A. (2011). *Erosión en las costas de Costa Rica, un problema de todos*. En Torno a la Prevención 7, p. 14-16.
- Lizano, O. (2014). Algunos impactos costeros en Costa Rica debido al calentamiento global. *Ambientico*, 246(4), p.23-28. ISSN 1409-214X
- Lucero, C., Bolívar, G., Neira, R. y Peña, E. (2008). *Utilización de la macro fauna bentónica como indicador de calidad ambiental en la desembocadura del río Anchicayá, Pacífico Colombiano*. Universidad del Valle.
- Lucrezi, S., Schlather, T., y Walker, S. (2009). Monitoring human impacts on sandy shore ecosystems: a test of ghost crabs (*Ocypode* spp.) as biological indicators on an urban beach. *Environmental Monitoring and Assessment*, 152(1), p413-424. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0326-2>.
- Marín, A. (2005). *Tema 9 Dinámica de un Sistema Litoral* (pp.78-118). España: Instituto de Recursos, Universidad del Mar. Recuperado de: http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_itop/113/pdfs/TEMA%209-3%20geomorfologia.pdf
- Martínez, C. y Muñiz, P. (2017). *Clase 17: Playas de Arena*. Uruguay: Facultad de Ciencias, Universidad de la República Uruguay. Recuperado de: <http://hydrobio.fcien.edu.uy/index.htm>
- Meadows, P. y Tait, J. (1989). Modification of sediment permeability and shear strength by two burrowing invertebrates. *Mar Biol*, 101, p. 75-82.

- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza, España: M&T Manuales y Tesis SEA, vol1, 84 p.
- Moreno, C., Graziani, C., Nuñez, J. y Villaroel, E. (2011). Caracterización bioecológica y poblacional de tres comunidades de crustáceos decápodos en la costa noroccidental del estado Sucre, Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 29(1), p. 29-47.
- Moreno, P. (2006). *Entornos veracruzanos: la costa de La Mancha*. Xalapa, México, Instituto de Ecología, p. 576. ISBN 970-709-067-7.
- Noriega, R., Schlacher, T. & Smeuninx, B. (2012). Reductions in Ghost Crab Populations Reflect Urbanization of Beaches and Dunes. *Journal of Coastal Research*, 28, p123-131.
- Ocaña, F., Apin, Y., Cala, Y., Vega, A., Fernández, A. y Córdoba, E. (2012). *Distribución espacial de los macro invertebrados de playas arenosas de Cuba oriental*. Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de la Habana. ISSN 1991 – 6086.
- Ocaña, F., Navarrete, A., Carrillo, R. y Rivera, J. (2016). Efectos del disturbio humano sobre la dinámica poblacional de *Ocypode quadrata* (Decapoda: Ocypodidae) en playas del Caribe mexicano. *Revista de Biología Tropical* 64(4) <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v64i4.19909>
- Ortiz, A. (2005). *Los arrecifes de coral*. Universidad de Puerto Rico. Sea Grant. ISBN 1-881719-06-5
- Palacios, G. (2009). *Sendero submarino del Parque Nacional Cahuita: Descripción biológica*. San José, Costa Rica. Procmar – CCT.
- Panario, D. y Gutiérrez, O. (2005). La vegetación en la evolución de playas arenosas. El caso de la costa uruguaya. *Ecosistemas* 14(2), p. 150-161.
- Paramor, O. y Hughes, R. (2004). The effects of bioturbation and herbivory by the polychaete *Nereis diversicolor* on loss of saltmarsh in south-east England. *J Appl Ecol* 41, p. 449-463.
- Peiro, D., Pezuto, P. & Mantelatto, F. (2011). Relative growth and sexual dimorphism of *Austinixa aidae* (Brachyura: Pinnotheridae): a symbiont of the ghost shrimp *Callinectes major* from the southwestern Atlantic. *Latin American Journal Aquatic Research* 39 (2): 261-270. DOI: 10.3856/vol39-issue2-fulltext-7.
- Poder Ejecutivo. (1978). *Decreto N° 8489 Convierte Monumento Nacional Cahuita en Parque Nacional Cahuita*. San José, Costa Rica. Recuperado de: Sistema de

Información Jurídica Costarricense.

- Reyes, M. (2014). *Estructura de las comunidades y zonación de la macrofauna en playas arenosas de Andalucía occidental. Efecto de la actividad humana sobre las comunidades intermareales*. Tesis Doctoral, Universidad Pablo de Olavide, España.
- Reyes, V., Sánchez, R., Chacón, D., Mora, R. y Castro, R. (2015). Producto 4: Documento técnico con la propuesta de esquema o instrumentos económicos y financieros, con su estrategia, para la mejora de la recaudación de fondos para el PN Cahuita. *Consultoría: valoración económica de los Servicios ecosistémicos marinos que ofrecen las Áreas Silvestres Protegidas con componente marino de Playa Hermosa, Santa Rosa y Cahuita*. San José: Costa Rica. Cedarena-Sinac-PNUD-GEF-Áreas marinas protegidas.
- Rodríguez, J. y Ruíz, J. (2010). *Conservación y protección de ecosistemas marinos: conceptos, herramientas y ejemplos de actuaciones*. Cádiz, España: ecosistemas.
- Rodríguez, R. y Beltrán, H. (2012). *Estudio de los procesos de erosión – sedimentación Playa El Espino, Republica de El Salvador*. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba y Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador. Recuperado el 14 de noviembre de 2017 de: <http://mapas.snet.gob.sv/oceanografia/ProcesoErosionEIEspino.pdf>
- Scapini, F. (2014). Behaviour of mobile macrofauna is key factor in beach ecology as response to environmental changes. *Estuarine Coastal & Shelf Science* 150, p36-44. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.11.001>
- Schlacher, T., Richardson, D. & McLean, I. (2008). Impacts of off-road vehicles (ORVs) on macrobenthic assemblages on sandy beaches. *Environmental Management* 41, p. 878-892.
- Semeniuk, V. (1980). Mangrove zonation along an eroding coastline in King Sound, North-Western Australia. *Aust J Eco* 168, p. 789-812.
- Sierra, G. (2015). *Estrategias para el control y prevención de la erosión en la playa de South West en la Isla de Providencia*. Bogotá, Universidad Católica de Colombia.
- Sinac. (2016). *Protocolo Pronamec: Protocolo para el monitoreo ecológico de las playas arenosas*. Proyecto Consolidación de las Áreas Marinas Protegidas. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y El Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), San José, Costa Rica. 39 p.

- Sinac, Aclac. (2016). *Sistematización del proceso de Comanejo del Parque Nacional Cahuita*. Talamanca, Limón, Costa Rica.
- Sibaja, J., Camacho, Y. y Vargas, R. (2014). Riqueza de especies de invertebrados en playas de arena y costas rocosas del Pacífico Norte de Costa Rica. San José, Costa Rica: *Rev. Biol. Trop.* 62, p.63-84 Cimar, UCR. ISSN 0034 7744.
- Spivak, E. (1997). Cangrejos estuariales del atlántico sudoccidental (25°-41°S) (Crustácea: Decapoda: Brachyura). Mar del Plata, Argentina: *Invest. Mar. Valparaíso*, 25, p. 105-120.
- Steckbauer, A., Ramajo, L., Hendriks, I., Fernandez, M., Lagos, N., Prado, L. y Duarte, C. (2015). *Efectos sinérgicos de la hypoxia y el aumento de CO2 en invertebrados bentónicos de la costa central Chilena*. *Frontiers in Marine Science*. doi.org/10.3389/fmars.2015.00049
- Sosa, E. (2015). *Marea interna y olas solitarias internas*. Quebradillas, Puerto Rico. Recuperado de: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38557054/Marea_Interna_y_Olas_Solitarias_Internas_ebook_HiRes.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1519055824&Signature=iOpMfqiW2%2FW5LvnBytTD9PD4GgA%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DMarea_Interna_y_Olas_Solitarias_Internas.pdf
- Talley, T., Crooks, J. & Levin, L. (2001). Habitat utilization and alteration by the invasive burrowing isopod, *Sphaeroma quoyanum*, in California salt marshes. *Mar Biol* 138, p. 561-573.
- Tejada, R. (2018). Sectores costeros más vulnerables entre Lurín y Pucusana ante un posible aumento del nivel del mar como consecuencia del cambio climático: adaptación y aplicación del índice de vulnerabilidad costera de Gornitz (1991). *Espacio y Desarrollo* 31, p59-86.
- Tena, J. y Alcántara, J. (2004). *La erosión costera*. Libro de resúmenes de las II jornadas internacionales de ciencias del mar. Universidad Católica de Valencia "San Vicente Mártir". https://www.researchgate.net/profile/Javier_Alcantara_Carrio/publication/259615681_La_erosion_costera_Libro_de_resumenes_de_las_II_Jornadas_Internacionales

[de Ciencias del Mar/links/53de0a6e0cf216e4210c4dae/La-erosion-costera-Libro-de-resumenes-de-las-II-Jornadas-Internacionales-de-Ciencias-del-Mar.pdf#page=15](https://www.repositorio.cecyt.mx/bitstream/handle/20.500.11968/53de0a6e0cf216e4210c4dae/La-erosion-costera-Libro-de-resumenes-de-las-II-Jornadas-Internacionales-de-Ciencias-del-Mar.pdf#page=15)

- Trejo, M. (2016). *Impacto de tormentas en la zona costera del Estado de Yucatán*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Vázquez, A. (2008). *Evaluación regional de la vulnerabilidad actual y futura de la zona costera mexicana y los deltas más impactados ante el incremento del nivel del mar debido al cambio climático y fenómenos hidrometeorológicos extremos*. Informe Final INE/A1-051. México DF.: Instituto Nacional de Ecología.
- Veloso, V., Silva, E., Caetano, C. & Cardoso, R. (2006). Comparison between the macroinfauna of urbanized and protected beaches in Rio de Janeiro State, Brazil. *Biological Conservation* 127, p. 510-515.
- Villegas, M. y Garitano, A. (2008). Las comunidades de aves como indicadores ecológicos para programas de monitoreo ambiental en la ciudad de La Paz, Bolivia. *Ecología en Bolivia* 43(2), p. 146-153.
- Vinebrooke, R., Cottingham, K. & Norberg, J. (2004). Implications of multiple stressors on biodiversity and ecosystem functioning: the role of species co-tolerance. *Oikos* 104, p. 451-457.
- Wentworth, C. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology* 30, p. 377-392.
- Wheatly, M. & Henry, R. (1992). Extracellular and intracellular acid-base regulation in crustaceans. *Journal of Experimental Zoology* 263(2), p. 127-142.
- Wolcott, T. (2003). Ecological role of ghost crabs, *Ocypode quadrata* (Fabricius) on an ocean beach: Scavengers or predators? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 31, p67-82. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(78\)90137-5](https://doi.org/10.1016/0022-0981(78)90137-5)

Comunicaciones Personales

Mirna Cortés, Funcionaria Parque Nacional Cahuita, Aclac Sinac Minae, 30 de julio, 2017.
Correo electrónico mirna.cortes@sinac.go.cr

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de campo para registrar cangrejos

| |
|-------------------|
| Fecha |
| Sitio de muestreo |
| Erosión |

sitio de
muestreo

-
- 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
 - 6
 - 7
 - 8

| Hora | Zona de playa | Especie | N° Individuos |
|------|------------------|---------|---------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Erosión

-
- 1 Con erosión
 - 2 Sin erosión

Zona de playa

-
- 1 intermareal
 - 2 media litoral
 - 3 supralitoral

Anexo 2. Tabla para el registro de la granulometría en el campo

| | | |
|-------------------|---------------|----------------|
| Fecha | | |
| Sitio de muestreo | | |
| Erosión | | |
| Hora | Zona de playa | No. de Control |
| | Intermareal | |
| | media litoral | |
| | supralitoral | |

sitio de
muestreo

1

2

3

4

5

6

7

8

| | | |
|-------------------|---------------|----------------|
| Fecha | | |
| Sitio de muestreo | | |
| Erosión | | |
| Hora | Zona de playa | No. de muestra |
| | Intermareal | |
| | media litoral | |
| | supralitoral | |

Erosión

1 Con erosión

2 Sin erosión

| | | |
|-------------------|---------------|----------------|
| Fecha | | |
| Sitio de muestreo | | |
| Erosión | | |
| Hora | Zona de playa | No. de muestra |
| | Intermareal | |
| | media litoral | |
| | supralitoral | |

| | | |
|-------------------|---------------|----------------|
| Fecha | | |
| Sitio de muestreo | | |
| Erosión | | |
| Hora | Zona de playa | No. de muestra |
| | Intermareal | |
| | media litoral | |
| | supralitoral | |

Anexo 3. Tabla para el registro de granulometría en el laboratorio

| | | | | |
|----------------------------|-------|--------------------------|----------------------|------------|
| No. de muestra a procesar | | | | |
| Peso inicial de la muestra | | peso final de la muestra | | |
| Perfiles | Tamiz | % retenido | % retenido acumulado | % que pasa |
| Grava | 2000 | | | |
| arena muy gruesa | 1000 | | | |
| arenas gruesas | 710 | | | |
| arenas medias | 355 | | | |
| arenas finas | 250 | | | |
| arenas muy finas | 125 | | | |
| Limo grueso | 75 | | | |
| limo fino | 63 | | | |

| | | | | |
|----------------------------|-------|--------------------------|----------------------|------------|
| No. de muestra a procesar | | | | |
| Peso inicial de la muestra | | peso final de la muestra | | |
| Perfiles | Tamiz | % retenido | % retenido acumulado | % que pasa |
| Grava | 2000 | | | |
| arena muy gruesa | 1000 | | | |
| arenas gruesas | 710 | | | |
| arenas medias | 355 | | | |
| arenas finas | 250 | | | |
| arenas muy finas | 125 | | | |
| Limo grueso | 75 | | | |
| limo fino | 63 | | | |

Ámbito

bueno = playa con arena > 60% de la grava o limo.

regular = playa con arena entre un 59 y un 30%.

mala = playa con menos de 29% de arena.

Anexo 4. Tabla de campo para registrar características fisicoquímicas de la arena

| |
|-------------------|
| Fecha |
| Sitio de muestreo |
| Erosión |

| Hora | Zona de playa | Temperatura | Salinidad | pH | |
|------|---------------|-------------|-----------|----|--------------------------|
| | | | | | <u>sitio de muestreo</u> |
| | | | | | 1 |
| | | | | | 2 |
| | | | | | 3 |
| | | | | | 4 |
| | | | | | 5 |
| | | | | | 6 |
| | | | | | 7 |
| | | | | | 8 |
| | | | | | <u>Erosión</u> |
| | | | | | 1 Con erosión |
| | | | | | 2 Sin erosión |
| | | | | | <u>Zona de playa</u> |
| | | | | | 1 intermareal |
| | | | | | 2 media litoral |
| | | | | | 3 supralitoral |

Anexo 5. Tabla de campo para registrar la topografía

| Fecha | | | |
|-------------------|-----------------------------------|-----------|-------|
| Sitio de muestreo | | | |
| Erosión | | | |
| Latitud | | | |
| Longitud | | | |
| Hora | Zona de playa | pendiente | ancho |
| | Posterior a la primera vegetación | X | |
| | supralitoral | | |
| | Intermareal | | |

| Fecha | | | |
|-------------------|-----------------------------------|-----------|-------|
| Sitio de muestreo | | | |
| Erosión | | | |
| Latitud | | | |
| Longitud | | | |
| Hora | Zona de playa | pendiente | ancho |
| | Posterior a la primera vegetación | X | |
| | supralitoral | | |
| | Intermareal | | |

| Fecha | | | |
|-------------------|-----------------------------------|-----------|-------|
| Sitio de muestreo | | | |
| Erosión | | | |
| Latitud | | | |
| Longitud | | | |
| Hora | Zona de playa | pendiente | ancho |
| | Posterior a la primera vegetación | X | |
| | Supralitoral | | |
| | Intermareal | | |

Sitio de muestreo: 1a 1b 1c, 2a 2b 2c, 3a 3b 3c, 4a 4b 4c, 5a 5b 5c, 6a 6b 6c, 7a 7b 7c, 8a 8b 8c

Erosión: 1 Con Erosión, 2 Sin erosión

Anexo 6. Entrevistas

1. ¿Cuáles cangrejos ha visto usted, de las siguientes imágenes, en la playa Puerto Vargas?
2. ¿Conoce usted la importancia que tienen los cangrejos para su comunidad?
3. ¿Cuáles especies considera usted que se alimentan del cangrejo?
4. Con respecto al pasado, ¿cómo valora la cantidad de cangrejos en la actualidad?
5. Y ¿cómo visualiza la cantidad de cangrejos en el futuro?
6. ¿Participaría usted en un proyecto para proteger los cangrejos del Parque Nacional Cahuita?
7. Que acciones propondría usted para proteger los cangrejos del Parque Nacional Cahuita?
8. ¿Cuál cree usted que es la principal amenaza para los cangrejos?
9. ¿Qué acciones propondría usted para evitar la erosión?
10. ¿Quiénes serían las instituciones responsables de velar por la protección del cangrejo?

Guía para identificar cangrejos familia Ocypodidae y Gecarcinidae

Familia Ocypodidae (cuerpo cuadrado)

Uca thayeri: una tenaza grande y alargada de color café con amarillo, su cuerpo es de color café verduzco con patas de color café claro (figura 15).

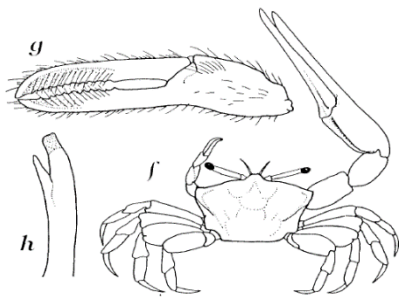


Figura 15. *Uca thayeri*.

Uca vocator: una tenaza grande y alargada de color verde con amarillo, es de color azul oscuro casi a negro. incluyendo las patas (figura 16).

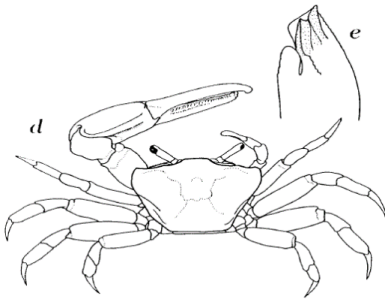


Figura 16. *Uca vocator*.

Uca burgersi: una tenaza gruesa y grande de color rojo, su cuerpo es de color rojizo con manchas turquesa e incluidas las patas (figura 17).

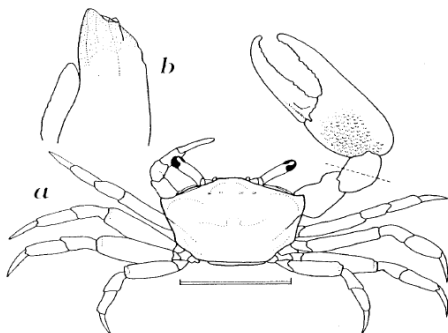


Figura 17. *Uca burgersi*.



Uca rapax: una tenaza gruesa y grande de color amarillo con celeste, su cuerpo es de color celeste con verde musgo incluidas las patas, lo que le da una tonalidad morada (figura 18).

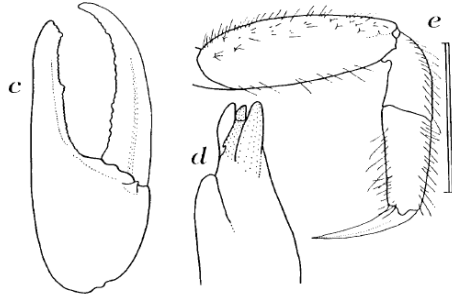


Figura 18. *Uca rapax*

Ocypode quadrata: Tenazas en color blanco, cuerpo amarillo (figura 19).

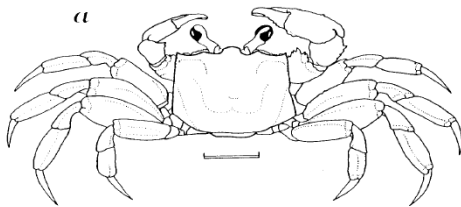


Figura 19. *Ocypode quadrata*.

Familia *Gecarcinidae* (cuerpo circular)

Gecarcinus ruricola: tenazas de color naranja, cuerpo negro con patas en color rojo (figura 20).

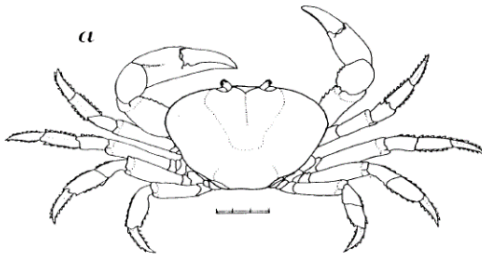


Figura 20. *Gecarcinus ruricola*.

Gecarcinus lateralis: tenazas y patas naranjas, cuerpo negro (figura 21).

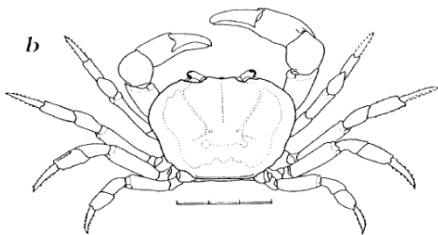


Figura 21. *Gecarcinus lateralis*.

Cardisoma guanhumí: tenaza izquierda alargada en color morado claro, de cuerpo azul con patas morado claro (figura 22).

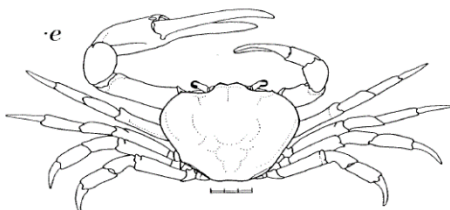


Figura 22. *Cardisoma guanhumí*.

