

Variación temporal ecológica de playas de arena según diferente nivel de conservación en la zona del Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica.

Ubicación. Parque Nacional Manuel Antonio. Área de Conservación Pacífico Central

Investigador principal Dr. Jeffrey A. Sibaja-Cordero

Asistente Beatriz Antillón Obando

Institución académica vinculada: Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica.

Periodo en el cual se desarrollará la investigación

02 marzo de 2020 a 01 de diciembre de 2020.

Resolución nº

SINAC-ACOPAC-D-RES-015-2020

Exp. M-PC-SINAC-PNI-ACOPAC-022-2019

Introducción y antecedentes

Los organismos y en general el ambiente de las playas de arena se encuentran expuestos a varias amenazas antropogénicas que pueden variar a escala local dependiendo del nivel de conservación bajo el que este siendo manejada cada playa. Los factores antropogénicos que pueden alterar la salud ambiental de las playas de arena varían temporalmente, pero son escasas las series de datos que reflejen estos patrones (Defeo et al., 2009), ausencia que es aún más marcada en los trópicos. Entre los factores más relevantes están la compactación o inestabilidad del sedimento por efectos mecánicos como exceso de turismo, uso de vehículos de diverso tipo, presencia de animales domésticos en la playa; la contaminación por desechos sólidos y vertidos, la extracción de ciertas especies para fines de consumo o para artesanías o simples recuerdos de los turistas (Defeo et al., 2009).

También, varios estudios han encontrado que la composición de las poblaciones biológicas están asociadas a los factores ambientales presentes en las playas de arena. Entre los principales están el tipo de playa, desde las playas reflectivas (con pendiente pronunciada) hasta las disipativas (con pendiente leve), la anchura del intermareal y la presencia de berma, el tipo de sedimento y el contenido de materia orgánica (Defeo & McLahan, 2005; Rodil et al., 2018).

Otros factores que se producen cambios en la composición de especies presentes en las playas van por el uso de estas de diferentes estratos del nivel de marea o bien de las zonas de la playa como la berma, secado, retención y saturación que pueden variar en el tiempo. Alguna de estos factores por exclusión competitiva o por selección de hábitat (Defeo & McLahan, 2005). Factores geográficos a escala local o regional pueden hacer variar la identidad de especies, que muchas veces tienen que ver con dinámicas de reclutamiento o patrones de distribución espacial de los organismos como estrategias para reducir la competencia intraespecífica o intraespecífica o la depredación (Checon et al. 2018, Rodil et al. 2018, Sibaja-Cordero, 2018).

Se debe lograr distinguir entre la variabilidad natural y la inducida por factores antropogénicos para poder entender la dinámica de este ambiente costero (Defeo et al. 2009). De esta forma las instituciones implicadas en la gestión de las playas pueden crear medidas regulatorias y de educación ambiental que vayan en beneficio de la salud del ecosistema y del disfrute de sus servicios por los humanos. También se pueden hacer predicciones de cómo se comportarán ecológicamente las playas ante cambios temporales de ciertas variables (SINAC 2018).

Este tipo de investigación puede llevarse a cabo en la región de la costa Pacífico Central de Costa Rica donde se ubica el Parque Nacional Manuel Antonio, debido a que está a la par de la playa Espadilla la cuál es una playa pública con desarrollo de infraestructura y actividades turísticas, mientras las playas dentro del Parque Nacional cuentan con una entrada regulada y el bosque adjunto está protegido y estas playas varían en la accesibilidad de los senderos y facilidades para los turistas (SINAC, 2010).

También por ser una zona de alta afluencia turística se puede evaluar los cambios temporales debido a que ciertas épocas del año tiene picos de actividad (SINAC, 2010), que pueden crear impactos sobre el sistema, por esto se puede establecer el grado en que dichos sistemas son resilientes o no ante tales eventos.

Justificación

Este proyecto busca generar información ecológica de las poblaciones de invertebrados y los factores ambientales que se dan en las playas arenosas del Parque Nacional Manuel Antonio y playa Espadilla. Se eligió este Parque por ser uno de los más visitados e importantes para el SINAC. De esta forma se llenan vacíos de información de utilidad científica y para la gestión del turismo que visita dichas playas. Como se menciono antes para playas de arena tropicales existe poca información sobre la dinámica temporal y sobre la respuesta ecológica ante disturbios antropogénicos. De esta forma con los resultados del presente estudio se contribuirá en entender mejor la manera en que funcionan las playas de arena tropicales.

Objetivo general y objetivos específicos

Entender la manera en que funcionan ecológicamente las playas de arena del Parque Nacional Manuel Antonio

- 1 - Medir las poblaciones de organismos que habitan las playas de arena bajo diferentes niveles de conservación a través del tiempo
- 2 - Medir los cambios de las variables ambientales de las playas de arena entre diferentes niveles de conservación
- 3 - Obtener datos que indique el nivel de perturbación antropogénica de cada playa a lo largo del estudio
- 4 - Determinar la asociación entre las tendencias de los datos biológicos, con los ambientales, visitación turística y medidas de conservación.

Duración del proyecto de investigación

Por motivos de la pandemia por COVID-19, y diferentes restricciones en la Universidad de Costa Rica y a nivel nacional, se pudo realizar visita de campo en octubre y noviembre de 2020.

Materiales y métodos:

Área de estudio: Las playas que se visitó fueron Espadilla afuera del Parque Nacional, el 22 de noviembre de 2020, y en el Parque Nacional se estudio Espadilla Sur, el 22 de octubre de 2020, Playa Manuel Antonio el 21 de noviembre de 2020 y Playa Gemelas el 21 de octubre de 2020 (SINAC 2010). Todas las playas cuentan con sendero o camino de acceso, pero en el momento de investigación en

octubre de 2020 esta última playa tenía el sendero cerrado a turismo, por lo que fue la que tuvo menor visitación.

Enfoques metodológicos, herramientas y equipo: Se visitó cada playa durante la marea baja y se dividió en 5 estratos desde la línea de marea baja, litoral bajo, litoral medio, litoral alto y supralitoral (línea de marea alta), cerca de la berma o zona de vegetación costera. En cada estrato se tomaron 5 corers de 20.2 cm² a 15 cm dentro del sedimento para el estudio de la macrofauna (>500 micras) (Sibaja-Cordero et al. 2019) y la tres a cuatro corers de 10 cm² a 8 cm en el sedimento para estudiar la meiofauna (entre 500 y 63 micras). Además, se realizarán 5 cuadrantes de 1 m² en el nivel bajo de la playa para determinar la presencia de especies más grandes que 2 cm. Los organismos se conservaron en etanol y se identificó a la categoría taxonómica posible usando guías especializadas como en Sibaja-Cordero et al. (2019).

Las playas con menos visitantes tienen menos probabilidades de rastrillarse mecánicamente, por lo tanto, admiten un número significativamente mayor de cangrejos que las playas con más visitantes, o que se limpian con mayor frecuencia (Noriega et al. 2012). Para tener un indicador de las poblaciones de cangrejos ermitaños o cangrejos fantasma, se utilizó ocho cuadrantes de 15 m² (5 x 5 m) en el litoral medio-alto que es donde se ubican las poblaciones de los cangrejos en marea baja. Separados por un intervalo de 5 m entre réplicas (Noriega et al., 2012; SINAC 2016).

Se realizó un conteo simple de cantidad de turistas por metro de playa durante el muestreo en cada playa. Para tener un estimado del uso en cada sitio. También se contó presencia de animales domésticos y vehículos. Para ello se realizó tres transectos de 200 m en cada playa. Se empleó el protocolo de García et al. (2004) para hacer una estimación de los desechos sólidos en cada playa, donde se separan por tipo. Se midió la playa y su pendiente para tener determinar si la playa es disipativa, intermedia o reflectiva (Defeo & McLachlan, 2005).

En cada estrato de cada playa se recolectó además una muestra de sedimento para realizar los análisis de granulometría, materia orgánica y carbonatos por pérdida de peso por ignición de Dean (1974). Se midió la longitud de cada sección de la playa, línea de vegetación de playa, berma e intermareal, así como zona de secado, retención y saturación durante la marea baja, la pendiente de la playa (Sibaja-Cordero et al. 2019).

Las muestras de sedimento ambiental se desecaron en una estufa a 90° C, posterior se peso 200 g para realizar la granulometría a través de tamices de 4000, 2000, 1000, 850, 710, 500, 300, 250, 125, 63 micras y el remanente menor a 63 micras. Se peso el contenido en cada tamiz y con ese peso se calculo el porcentaje de cada fracción de tamaño de grano.

Se peso tres submuestras de 5 g de cada muestra desecada a 90° C, se pusieron en crisoles y se calcinaron a 550° C por una hora. Los crisoles se llevaron a temperatura ambiente dentro de una cámara desecadora y una vez a temperatura ambiente se pesaron y por pedida de peso por la ignición se calculo el porcentaje de materia orgánica total. Estos mismos crisoles con muestra se ingresaron de nuevo en la mufla a 1000° C por una hora y siguiendo el mismo proceso se pesaron y por diferencia se calcula la cantidad correspondiente a porcentaje de carbonatos presente.

Para cada playa se presenta su perfil, granulometría y valores de materia orgánica y carbonatos. Para la fauna se presenta los datos univariados como número de especies, abundancia y densidad por metro cuadrado. Los datos de la composición de fauna y su comparación con estadística multivariable de análisis de conglomerados Cluster (Crawley, 2007).

Resultados

Informe de colecta científica

Tipo(s) de muestra(s), cantidad(es) y grupo taxonómico según lo descrito en metodología.

Se presenta la lista de playas de recolecta con la fecha respectiva (Tabla 1), así como las especies o taxones recolectados de cada filo estudiado (Tabla 2). El número de especímenes recolectados está en las celdas. El material se preservó con etanol al 95%. Los animales consistieron en invertebrados menores a 5 cm en su longitud. Se adjunta un documento en Excel de este mismo cuadro. El material de sedimento recolectado para estudio de la meiofauna se encuentra aún por ser procesado y está preservado en etanol. Este material no se ha logrado trabajar debido a la situación de pandemia por COVID19 y restricciones para el trabajo presencial en el laboratorio del CIMAR, UCR.

Del material recolectado, al menos un espécimen de cada especie se depositó en el museo de Zoología y en el CIMAR, donde están en proceso de catalogación.

TABLA 1

Descripción de la cantidad de muestras tomadas y especímenes por tipo de muestra el 21 y 22 de octubre y el 21 y 22 de noviembre de 2020.

Cantidad recolectada	Descripción de la muestra	Grupo taxonómico
<p>100 muestras desedimento. 25 cada una de las cuatro playas visitadas en 2020</p> <p>Playa Espadilla, Espadilla Sur, Manuel Antonio y Gemelas.</p>	<p>Sedimento (arena) de la playa, cada muestra de 20.2 cm² a 15 cm dentro.</p> <p>Invertebrados marinos contenidos en la muestra</p> <p>Fijados en etanol</p>	<p>89 especímenes en 24 especies de Protostomados (Invertebrados marinos)</p>
<p>70 muestras de sedimento por playa por visita.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 20 en playa Espadilla • 15 en playa Espadilla Sur • 20 en playa Manuel Antonio 	<p>Sedimento (arena) de la playa, cada muestra de 10cm² a 8 cm.</p> <p>Microinvertebrados marinos contenidos en la muestra</p>	<p>Pendientes de procesar</p> <p>Protostomados (Microinvertebrados marinos)</p>

<ul style="list-style-type: none"> • 15 en playa Gemelas 	<p>Fijados en etanol con Rosa de Bengala</p>	
<p>3 cuadrantes porplaya (9 en total) Playa Espadilla, Espadilla Sur, Manuel Antonio y Gemelas.</p>	<p>Cuadrantes de 1 m² a 15 cm en el sedimento. Macroinvertebrados, se tomará máximo tres especímenes decada especie y el resto se contó y se dejaron vivos en cada playa Fijados en etanol</p>	<p>7 especímenes en 5 especies de Protostomados (Macroinvertebrados)</p>
<p>8 cuadrantes porplaya (32 en total) Playa Espadilla, Espadilla Sur, Manuel Antonio y Gemelas.</p>	<p>Cuadrantes de 5x5 m en el litoral medio. Recolecta un máximo tres especímenes de cada especie de cangrejo.</p>	<p>Pancrustacea: Brachyura: 2 especímenes de Cangrejos fantasma en Espadilla y 3 en playa Gemelas Pancrustacea: Anomura: 4 especímenes de Cangrejos ermitaños en playa Gemelas y 5 en playa Espadilla sur</p>
<p>5 muestras de sedimento por playa (20 en total) Playa Espadilla, Espadilla Sur, Manuel Antonio y Gemelas.</p>	<p>Sedimento para análisis geológico-químico</p>	<p>Muestra Ambiental Granulometría Materia orgánica total Carbonatos Salinidad Temperatura</p>

Uso del material colectado:

Las muestras de sedimentos para conteo de macrofauna se fijaron en etanol al 95%, posteriormente en el laboratorio se lavaron en un tamiz de 500 micras y del sedimento retenido se busco con la ayuda de un estereoscopio los invertebrados presentes que se preservaron en viales con etanol al 95%.

Las muestras para meiofauna se fijaron con etanol al 95% y Rosa de Bengala, se lavarán por un tamiz de 500 micras y 63 micras. El sedimento retenido en el tamiz de 63 micras se utilizará para conteo e identificación de la meiofauna presente. Esto está pendiente debido por pandemia de COVID19 y que el laboratorio del CIMAR que ha tenido acceso restringido.

Los especímenes recolectados en los cuadrantes se fijaron con etanol al 95% para su identificación. Los especímenes se depositan en las colecciones del proyecto en el CIMAR mientras se procesan y en el Museo de Zoología de la Universidad de Costa Rica ya con su identificación taxonómica.

En total se recolecto 111 especímenes de macrofauna pertenecientes a 28 especies de invertebrados de 7 filos. El número de especies según playa, para este muestreo fue 11 afuera del Parque, 13 en Espadilla Sur, solo 5 en Manuel Antonio y 12 en playa Gemelas.

TABLA 2

Cantidad de especímenes recolectados por especie en cada una de las 4 playas visitadas en octubre y noviembre de 2020. Parque Nacional Manuel Antonio.

Grupo	Grupo	Organismo	Taxón	Espadilla	Espadilla Sur	Manuel Anto	Gemelas	
Gusanos planos	Platyhelminthes	Planaria	Polycladida indet.		1			
			Polycladida indet. A				1	
Nemertinos	Nemertea	Gusanos cinta	Nemertea indet.		1		1	
			Nemertea indet. A				1	
			Nemertea indet. B		1			
Mollusca	Mollusca	Caracoles	Gastropoda		1			
			Gastropoda 1			1		
			<i>Planaxis planicostatus</i>				1	
			<i>Olivella semistriata</i>	4				
Gusanos marinos	Annelida	Poliquetos	<i>Pisione</i> sp.				3	
			<i>Pisionidens indica</i>	1				
			<i>Nephtys</i> sp.	1				
			Protodrilidae indet.	1	1			
			Saccociridae indet.		1		1	
Nematodos	Nematoda	Nematodos	Nematoda indet.	1				
Quelicerados	Chelicerata	Arañas	Aranea indet.			1	1	
			Aranea indet. A				1	
Crustáceos	Peracarida	Anfipodos	Amphipoda indet.	1	1	1		
			<i>Excirolana braziliensis</i>	10	6	19	15	
			<i>Exosphaeroma</i> sp.	2		1		
	Decapoda	Misidáceo	Gastrosaccinae indet.		2			
				Cangrejo ermi <i>Coenobita compressus</i>		6		7
				Cangrejo topo <i>Hippa pacifica</i>				1
				Cangrejo fantá <i>Ocypode occidentalis</i>	2	2		3
Insectos	Hexapoda	Psocópteros	Liposillididae indet.		1			
			Insecto		2			
			Dipteros		1			
Equinodermos	Echinodermata	Galleta de ma	<i>Mellita kanakoffi</i>	1				
Total especímenes recolectados				26	25	23	36	
Total especies				11	13	5	12	

Informe de investigación científica

Características de las playas

Espadilla Norte: Esta playa de cerca de 2 km es la más extensa en longitud durante la marea baja con alrededor de 115 m (Fig. 1). Esta playa cuenta además con una pendiente extremadamente leve (<1 °) a lo largo de la zona intermareal. La playa no cuenta con una berma y la línea de marea alta se presenta hasta el borde de la vegetación terrestre y la calle. Esta playa cataloga como disipativa,

presentando una zona de secado de cerca de 30 m, una zona de retención (con arena húmeda) de 46 m y una zona de saturación de cerca de 39 m, esto resultado de la poca inclinación y arena fina grisácea. Por lo que representa en cuanto a estas características un ambiente adecuado para la presencia de fauna bentónica.

La playa no es parte de la zona protegida. En cuanto a aspectos de la actividad humana, la playa está frente al pueblo de Espadilla y su camino, por lo que la visitación turística y actividades asociadas suelen ser altas. No se observó ningún tipo de vehículo dentro de la playa, salvo dos vendedores de helados. Se da el uso de caballos para pasear turistas, y las personas que visitan la playa suelen ir con sus mascotas (perros). Durante el muestreo en la totalidad de esta playa se contó 221 personas. Teniendo en cuenta que el país se encuentra en pandemia por COVID19 y con ciertas restricciones vehiculares, este número seguramente es bajo a condiciones normales, pero fue el más alto entre las cuatro playas visitadas. Se da la presencia de sillas, tiendas, sombrillas en la zona intermareal alta, como es habitual en playas turísticas públicas.

Espadilla Sur: Dentro del Parque Nacional la primera playa para acceso de los turistas es Espadilla Sur, que puede ingresar por medio de caminos para personas establecidos por la administración del SINAC. Por lo cuál no se presentan vehículos, ni actividades turísticas y se cuenta con bosque en la parte trasera de la playa. Esta playa de unos 800 m de costa, en marea baja tiene una extensión de casi 48 m (Fig. 1), presenta una inclinación marcada de 8° en la parte baja que sube incluso hasta 12° en la zona alta, antes de una pequeña berma de 3,3 m de longitud. Hay una zona de saturación de 20,0 m, debida a la oscilación marcada del oleaje el día de muestreo y el sedimento arenoso que se explicará después. La zona de retención en cambio es de 13 m y la de secado cerca de 12 m. Podría considerarse la playa reflectiva por su pendiente. La visitación cuantificada en el momento de muestreo en toda la playa fue de 10 personas, sin presencia de animales domésticos. No hay actividades turísticas como sombrillas, sillas o tiendas.

Manuel Antonio: Es la siguiente playa y la principal del Parque, tiene una distancia de cerca de 470 m y presentó una longitud de casi 40 m durante la marea baja (Fig. 1). Presenta una pendiente leve desde 1,3 ° en la zona baja, incrementando a 3,6 ° en la parte media alta y una reducción a 2,7 ° en a zona alta previa a una berma en ciertas zonas de la playa de 11 m, donde posterior se encuentra ya la vegetación de bosque. Acá la zona de saturación es de solo 5,5 m, la zona de retención de 11 m y la de secado de 12 m. La arena se nota muy compacta y carbonatada. Resulta una playa disipativa.

La vía de acceso es un camino para turistas, y el acceso por vehículo solo es para personal del Parque Nacional, pero no hay ningún tránsito de vehículo en la playa. No se diviso fauna ajena a la silvestre, principalmente grupos de monos cara blanca que intentan buscar alimento o curiosear en las pertenencias de los turistas. El parque tiene prohibido el ingreso de alimentos y alimentar los animales para reducir el riesgo a la fauna. No hay actividades turísticas como sombrillas, sillas o tiendas. Durante el muestreo en toda la playa se cuantifico 188 personas.

Gemelas: Más al interior del parque está playa Gemelas, es de corta distancia con unos 120 m, con la presencia de rocas al medio. Cuenta con una longitud de 33 m en marea baja, con una pendiente que pasa de 3 ° en la zona baja a 6 ° en el litoral medio y sube a 8 ° cerca de la zona de marea alta (Fig. 1). Resulta una playa intermedia. No se presenta berma y la línea de marea se nota llega a la vegetación terrestre o a una pared de roca donde inicia el bosque. La zona de saturación es de unos 3,3 m, seguida por una zona de retención de 19,7 m y una de secado de 10 m. La arena es carbonatada pero gruesa, con presencia de gránulos y guijarros de origen basáltico.

Al momento del muestreo el camino estaba cerrado por la administración del parque, pero se diviso a dos personas turistas. No hay actividades turísticas como sombrillas, sillas o tiendas.

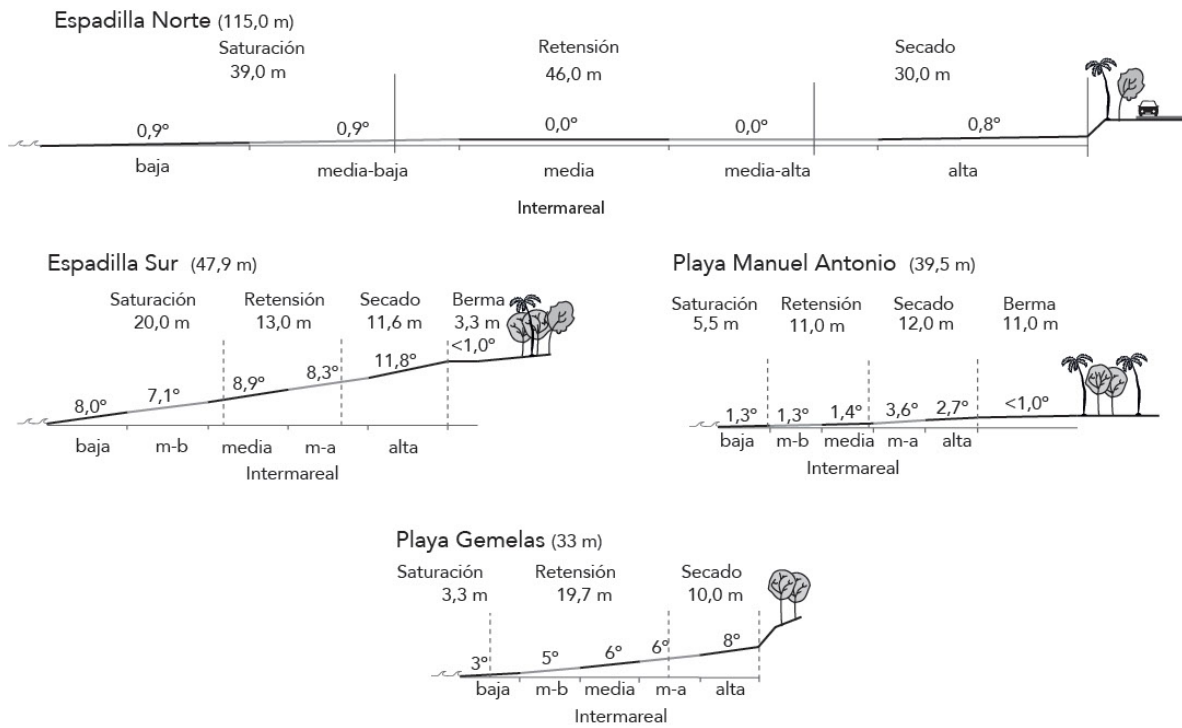


Fig. 1. Perfiles de las playas de arena en la zona del Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica. Espadilla Norte afuera del parque y las otras tres dentro del parque. Se muestra el largo (m) de la playa en marea más baja el día de muestreo, la longitud en ese momento de la zona de saturación, retención y secado, y la longitud de una berma en la parte superior. La inclinación en grados se muestra en cada una de los cinco estratos del intermareal desde el punto de marea baja a la línea de marea alta.

Las playas según su sedimento

Espadilla Norte: Una de las playas más homogénea en su sedimento fue Espadilla Norte, donde se diferencia la zona baja que resulta de arena más gruesa que el resto de la parte superior de la playa, donde se hace más fina (Fig. 2). La media de grano fue de 247 micras en la parte baja y hasta 191 micras en la parte alta (Tabla 3), resultando esta playa con la arena más fina, con una contribución alta de arena entre 125-250 micras, cerca de 60 a 80 % de la arena y alrededor de los granos de 300 micras ya se alcanza el 90 a 100 %. Recordando que 500 micras corresponden a medio milímetro (0,5 mm).

Espadilla Sur: Esta playa presenta más variabilidad en el sedimento entre zonas, siendo más fina en la parte baja (Fig. 2), con gran contribución de arena menor a 125-250 micras y un promedio de 259 micras (Tabla 3), haciéndose más gruesa al medio del intermareal donde el promedio fue de 378 a 479 micras, para de nuevo presentar una arena más fina en la parte alta (296-346 micras en promedio, Tabla 3). Dicha variación se da principalmente en las arenas menores a 500 micras.

Manuel Antonio: La playa que presenta un ambiente más homogéneo en su tamaño de grano sería Manuel Antonio (Fig. 2), que se mantiene desde la zona de marea alta a la zona de marea baja, donde la mayor contribución de granos es fina <300 micras (Fig. 2). Granos superiores a ese tamaño solo suman <10 %. Por esto el promedio fue de 290 a 233 micras de la parte baja a lo alto de la playa (Tabla 3).

Gemelas: La playa Gemelas fue el ambiente más heterogéneo en su sedimento (Fig. 2). Presenta una media de grano de 421 micras en la parte alta (Tabla 3). Ahí la contribución de arena de menos de 500 micras es alta, catalogándose como arena mediana. Esta playa pasa a presentar en la zona media un tamaño medio de grano de 768-898 micras; con mayor contribución de arenas gruesas. La zona media baja presenta de nuevo arena mediana, con contribución menor de granos de 500 micras, para un promedio 343 micras (Fig. 1, Tabla 3). Finalmente, la zona baja es de arena muy gruesa, con una contribución repartida entre las fracciones de grano, donde un 40 % corresponde a grava (con aportes de gránulos y guijarros de origen basáltico) y la media de 1531 micras (1,5 mm).

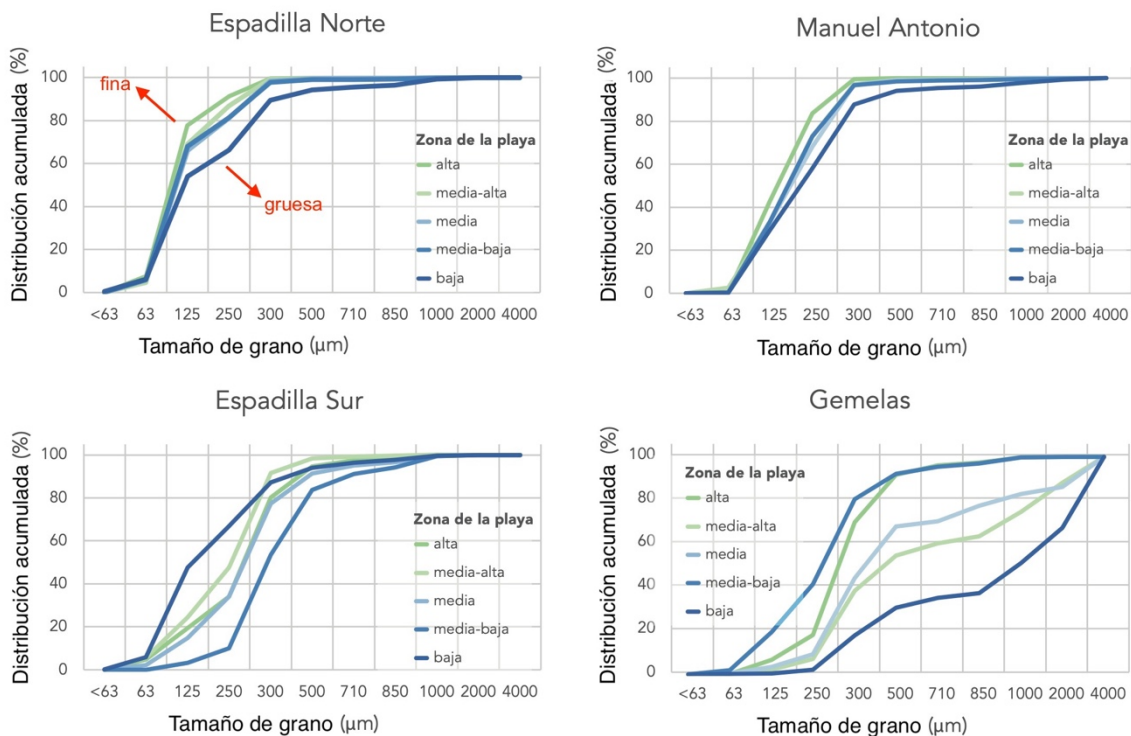


Fig. 2. Curvas granulométricas para cada uno de los cinco estratos del intermareal en cuatro playas en la zona del Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica.

De esta manera las playas se pueden ordenar según el tipo de grano que contiene, desde la de arena más fina Espadilla Norte, seguida por Manuel Antonio, y con más arena de grano grueso Espadilla Sur. Finalmente, Gemelas con una contribución significativa de grava (Fig. 3).

Estos sedimentos representan un gradiente con microhábitats para la fauna, donde la parte baja de las playas cuenta con selección de moderada a pobre. Esto significa que cuenta con más espacios entre los granos que facilita la excavación y la vida intersticial (entre los granos) (Tabla 3). Mientras que el litoral medio a alto de la mayoría de las playas presenta un sedimento con selección de

moderamente buena hasta selección buena, que significa aumenta en su compactación (leptocúrticas). Esto no se cumple para la playa Gemelas con selección pobre en esa sección, de composición más heterogénea (mesocúrtica-platicúrtica), menos en la zona media y media baja que domina una fracción de tamaño de grano (leptocúrtica) y pese a ser más gruesa es también compacta.

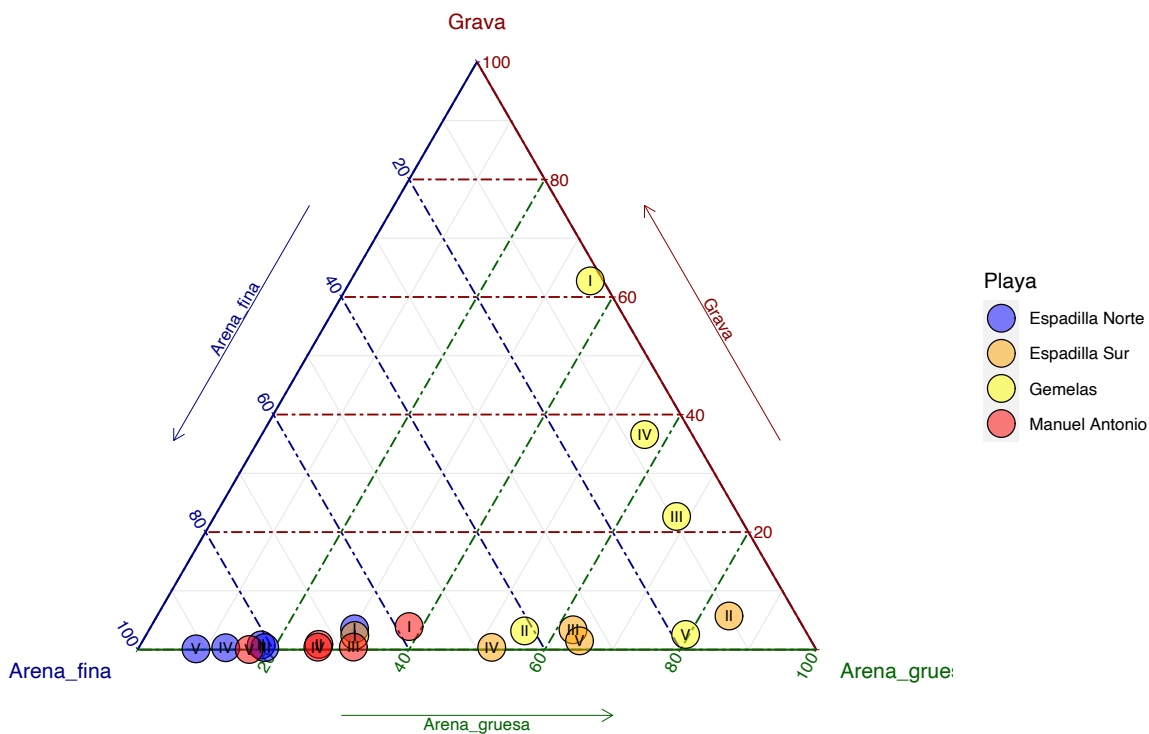


Fig. 3. Diagrama ternario mostrando la máxima separación de las muestras según el tipo de arena, arena fina <300 micras, arena gruesa >300 a <1000 micras y la grava >1000 micras. Los números romanos corresponden a las zonas del intermareal. I: baja, II: medio-baja, III: media, IV: medio-alta y V: alta. Resultados de cuatro playas en la zona del Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica.

TABLA 3

Características granulométricas de las playas de la zona del Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica.

Playa	Nivel	Tamaño promedio del grano (um)	Tamaño promedio del grano (phi)	Tipo de arena	Selección del grano (phi)		Simetría (phi)	Tipo de simetría	Curtosis (phi)	Verbal. Kurtosis
					Tipo de Selección					
Espadilla Norte	alta	191,19	2,39	Arena fina	0,54	Moderadamente buena	-0,02	Aproximadamente simétrica	1,11	Mesocúrtica
	media-alta	202,70	2,30	Arena fina	0,53	Moderadamente buena	-0,10	Aproximadamente simétrica	0,93	Mesocúrtica
	media	211,78	2,24	Arena fina	0,60	Moderadamente buena	-0,10	Negativa	0,96	Mesocúrtica
	media-baja	209,92	2,25	Arena fina	0,61	Moderadamente buena	-0,13	Negativa	1,00	Mesocúrtica
Espadilla Sur	baja	246,88	2,02	Arena fina	0,84	Moderada	-0,17	Negativa	1,02	Mesocúrtica
	alta	346,21	1,53	Arena mediana	0,73	Moderada	0,15	Positiva	1,28	Leptocúrtica
	media-alta	295,60	1,76	Arena mediana	0,69	Moderadamente buena	0,17	Positiva	1,36	Leptocúrtica
	media	377,62	1,40	Arena mediana	0,69	Moderadamente buena	-0,06	Aproximadamente simétrica	1,27	Leptocúrtica
Manuel Antonio	media-baja	479,28	1,06	Arena mediana	0,60	Moderadamente buena	-0,08	Aproximadamente simétrica	1,01	Mesocúrtica
	baja	258,84	1,95	Arena mediana	0,83	Moderada	-0,09	Aproximadamente simétrica	1,03	Mesocúrtica
	alta	232,79	2,10	Arena fina	0,48	Buena	0,30	Positiva	1,09	Mesocúrtica
	media-alta	257,77	1,96	Arena mediana	0,57	Moderadamente buena	0,14	Positiva	1,28	Leptocúrtica
Gemelas	media	266,40	1,91	Arena mediana	0,57	Moderadamente buena	0,09	Aproximadamente simétrica	1,07	Leptocúrtica
	media-baja	260,99	1,94	Arena mediana	0,56	Moderadamente buena	0,10	Positiva	1,27	Leptocúrtica
	baja	289,61	1,79	Arena mediana	0,72	Moderada	-0,12	Negativa	1,23	Leptocúrtica
	alta	421,18	1,25	Arena mediana	0,57	Moderadamente buena	-0,06	Aproximadamente simétrica	1,06	Mesocúrtica
Gemelas	media-alta	897,65	0,16	Arena gruesa	1,39	Pobre	-0,41	Muy negativa	0,67	Platicúrtica
	media	768,63	0,38	Arena gruesa	1,33	Pobre	-0,49	Muy negativa	1,21	Leptocúrtica
	media-baja	343,42	1,54	Arena mediana	0,73	Moderada	-0,05	Aproximadamente simétrica	1,27	Leptocúrtica
	baja	1531,02	-0,61	Arena muy gruesa	1,32	Pobre	0,35	Muy positiva	0,54	Muy platicúrtica

En cuanto a la materia orgánica total contenido en los sedimentos de estas playas se puede ver que son bajos con un promedio de 2,2 %, mientras que los carbonatos cuentan con un promedio de 40 % (Tabla 4). Se puede verificar la existencia de un gradiente en la playa Espadilla Norte, donde se pasa de 1,1 % de materia orgánica en la zona alta de la playa hasta 3,0 % en la zona baja. Dicha playa presenta los sedimentos menos carbonatados (30 a 44 %), y por lo tanto con mayor contribución terrígena (Tabla 4).

En Espadilla Sur dicho gradiente es menos marcado de 1,3 a 2,5 % de materia orgánica. Por lo que las zonas bajas representan un mejor hábitat para especies que se alimentan en el sedimento. Esta playa presenta un sedimento con su mitad carbonatada y su otra mitad constituida por otros materiales minerales (Tabla 4).

La playa de Manuel Antonio presenta poca materia orgánica 1,7-2,0 % de forma más homogénea. Esto es esperable al ser la playa más carbonatada con valores de 49 a 66 % (Tabla 4). La playa Gemelas varía entre zonas de la playa de 1,7 a 2,6 %, por lo que una distribución por parches podría ocurrir en la fauna intersticial que habita en dicha playa. En esta playa se tiene un gradiente de más carbonatada en la parte superior (60 %) a menos carbonato en la zona inferior (51-56 %) (Tabla 4).

TABLA 4

Valores de materia orgánica total y porcentaje de carbonatos de los sedimentos de las playas en la zona del Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica.

Playa	Promedio de % MOT	Desvest de % MOT	Promedio de CaCO3%	Desvest de CaCO3%
Espadilla Norte	2,2	0,7	40	5,4
alta	1,1	0,0	30,3	3,1
alta-media	1,9	0,1	40,9	2,8
media	2,3	0,1	43,5	0,4
media-baja	2,7	0,1	43,5	0,2
baja	3,0	0,3	41,9	0,4
Espadilla Sur	1,8	0,5	47,7	8,2
alta	1,3	0,1	46,4	2,1
alta-media	1,3	0,1	44,2	1,5
media	1,7	0,2	45,7	0,3
media-baja	2,4	0,1	62,5	1,0
baja	2,5	0,2	39,5	0,5
Manuel Antonio	1,9	0,1	60,4	10,3
alta	1,9	0,1	59,6	0,4
alta-media	1,7	0,0	62,5	0,3
media	2,0	0,0	65,3	9,4
media-baja	1,9	0,0	48,7	14,6
baja	1,9	0,0	66,1	12,1
Gemelas	2,3	0,4	58,5	5,6
alta	2,0	0,0	60,9	6,4
alta-media	2,4	0,1	64,5	2,0
media	2,6	0,1	59,8	0,4
media-baja	1,7	0,1	51,4	1,1
baja	2,6	0,2	55,8	4,5
Total	2	0,5	51,6	11,2

La fauna

Varias especies de los grupos menos estudiados aún no se pueden identificar a nivel específico, ya que se requería más especímenes. Con más muestreos a lo largo del año se puede encontrar más especies que usan las playas. La distribución específica de cada especie en las playas se muestra en la tabla 5, así como su densidad por metro cuadrado.

Se esperaba que las playas con menor visitación presenten mayores densidades de individuos y especies de invertebrados en los sedimentos. En el caso de este muestreo la playa Gemelas presentó una densidad de 456 ind/m², playa Manuel Antonio tuvo 462 ind/ m², Espadilla Sur contó con 363 ind/ m² y la playa de Espadilla Norte, afuera del Parque contó con 409 ind/ m² (Tabla 5). Por lo que las playas más internas del Parque contaron con mayor abundancia que ambas playas Espadilla.

Las especies que aportan mayoritariamente a dicha densidad son los pequeños isópodos *Excirolana braziliensis*, que pueden alcanzar en su franja en la zona alta de la playa sobre los 1400 individuos por metro cuadrado (Tabla 5). En Espadilla fuera del Parque se encontró una densidad de 300 individuos por metro cuadrado del molusco *Olivella semistriata* en la franja baja de la playa (Tabla 5).

TABLA 5

Densidades de individuos por metro cuadrado para cada especie en playa y entre paréntesis la densidad de individuos específica por metro cuadrado (la densidad en la franja de playa donde se ubica la especie).

Grupo	Grupo	Organismo	Taxón	Espadilla Norte	Espadilla Sur	Manuel Antonio	Las Gemelas
Gusanos planos	Platyhelminthes	Planaria	Polycladida indet.		20 (99)		
			Polycladida indet. A				20 (99)
Nemertinos	Nemertea	Gusanos cinta	Nemertea indet.		20 (99)		20 (99)
			Nemertea indet. A				20 (99)
			Nemertea indet. B		20 (99)		
Mollusca	Mollusca	Caracoles	Gastropoda		20 (99)		
			Gastropoda 1			20 (99)	
			<i>Planaxis planicostatus</i>				20 (99)
			<i>Olivella semistriata</i> 63 (300)				
Gusanos marinos	Annelida	Poliquetos	<i>Pisione</i> sp.				59 (297)
			<i>Pisionidens indica</i>	20 (99)			
			<i>Nephtys</i> sp.	20 (99)			
			Protodrilidae indet.	20 (99)	20 (99)		
			Saccociridae indet.	20 (99)	20 (99)		20 (99)
Nematodos	Nematoda	Nematodos	Nematoda indet.	20 (99)			
Quelicerados	Chelicerata	Arañas	Aranaea indet.			20 (99)	20 (99)
			Aranaea indet. A				20 (99)
Crustáceos	Peracarida	Anfipodos	Amphipoda indet.	20 (99)	20 (99)	20 (99)	
		Isopodos	<i>Excirolana braziliensis</i>	198 (990)	119 (594)	376 (1881)	297 (1485)
			<i>Exosphaeroma</i> sp.	40 (198)		20 (99)	
	Decapoda	Misidáceo	Gastrosaccinae ind		7		
		Cangrejo ermitaño	<i>Coenobita compressus</i>		20 (99)	*	59 (297)
		Cangrejo topo	<i>Hippa pacifica</i>				3
	Cangrejo fantasma	<i>Ocypode occidenta</i>	0.01		7	0.02	
Insectos	Hexapoda	Psocópteros	Liposclididae indet.		20 (99)		
		Insecto	Insecta indet.		40 (198)		
		Dipteros	Diptera indet.		20 (99)		
Equinodermos	Echinodermata	Galleta de mar	<i>Mellita kanakoffi</i>	3			
Densidad de ind/m ²			General	409	363	462	456
Total especies			Riqueza	11	13	5	12

* Presente pero fuera de los cuadrantes.

En cuanto a la riqueza de las especies, contrario a lo esperado, la playa de Manuel Antonio presentó menos especies (5) que el resto (>11), pero esto pudo deberse más a las características homogéneas, compacta y fina de su sedimento. Su arena cuenta con poca materia orgánica debido al contar con un alto porcentaje de carbonatos, lo cuál reduce la capacidad de albergar más organismos. Mientras que las playas de Espadilla Norte y Sur son de sedimento que presenta un gradiente de materia orgánica, y en el caso de Espadilla Norte que es una playa de poca pendiente se promueve la diversidad de fauna. La playa Gemelas presenta 12 especies, siendo un valor esperable para una playa intermedia de sedimento heterogéneo. Se requiere hacer más vistas para tener una mejor comprensión de la biodiversidad y como varía entre las playas del Parque Nacional a lo largo del tiempo.

Detalle de la fauna encontrada:

Los gusanos planos, gusanos cinta y nematodo son grupos que actúan como depredadores de otros invertebrados, son inofensivos para las personas que visitan las playas. Se encuentran acá seis especies (Fig. 4) y no habían sido registrados estos grupos en dichas playas de arena del Parque Nacional previamente.

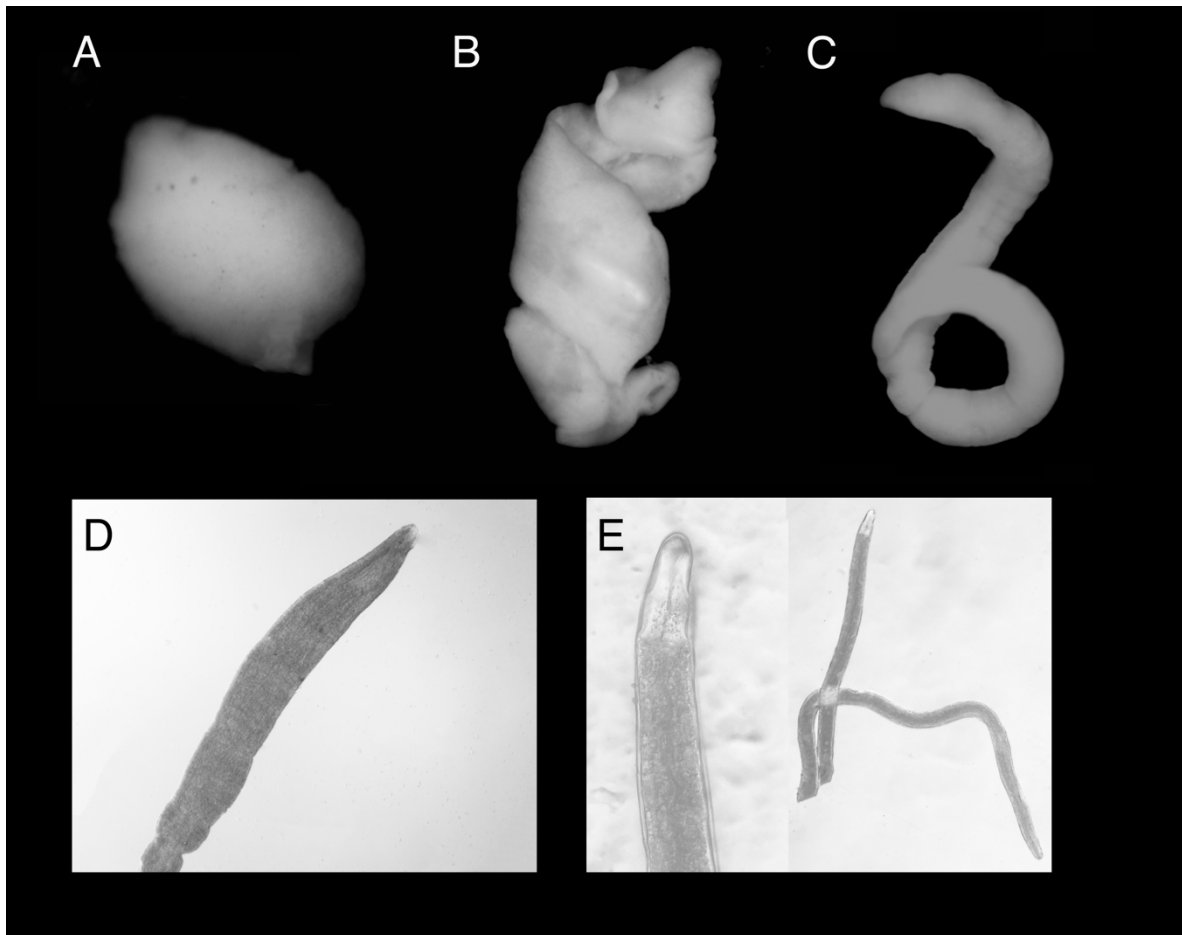


Fig. 4. Gusanos de vida libre en los sedimentos de las playas del Parque Nacional Manuel Antonio. A y B: gusanos planos (Polycladida), C, D y E: gusanos cinta (Nemertea)

Los moluscos como *Olivella semistriata* es previamente conocido en playa Espadilla afuera del Parque por Dexter (1974) y no encontrada en Espadilla Sur o Manuel Antonio por Willis & Cortés (1995). Similar a este muestreo la especie solo estaba en Espadilla afuera del Parque pero esto se debe al carácter disipativo de dicha playa, por lo que el hábitat en las otras playas no promueve poblaciones mayores (Fig. 5). Sin embargo, más muestreos son necesarios. El caracol *Planaxis planicostatus* es de hábitat rocoso, posiblemente se encontraba movilizándose, ya que playa Gemelas donde se encontró tiene rocas dentro de la zona de arena. Los otros dos caracoles son juveniles.

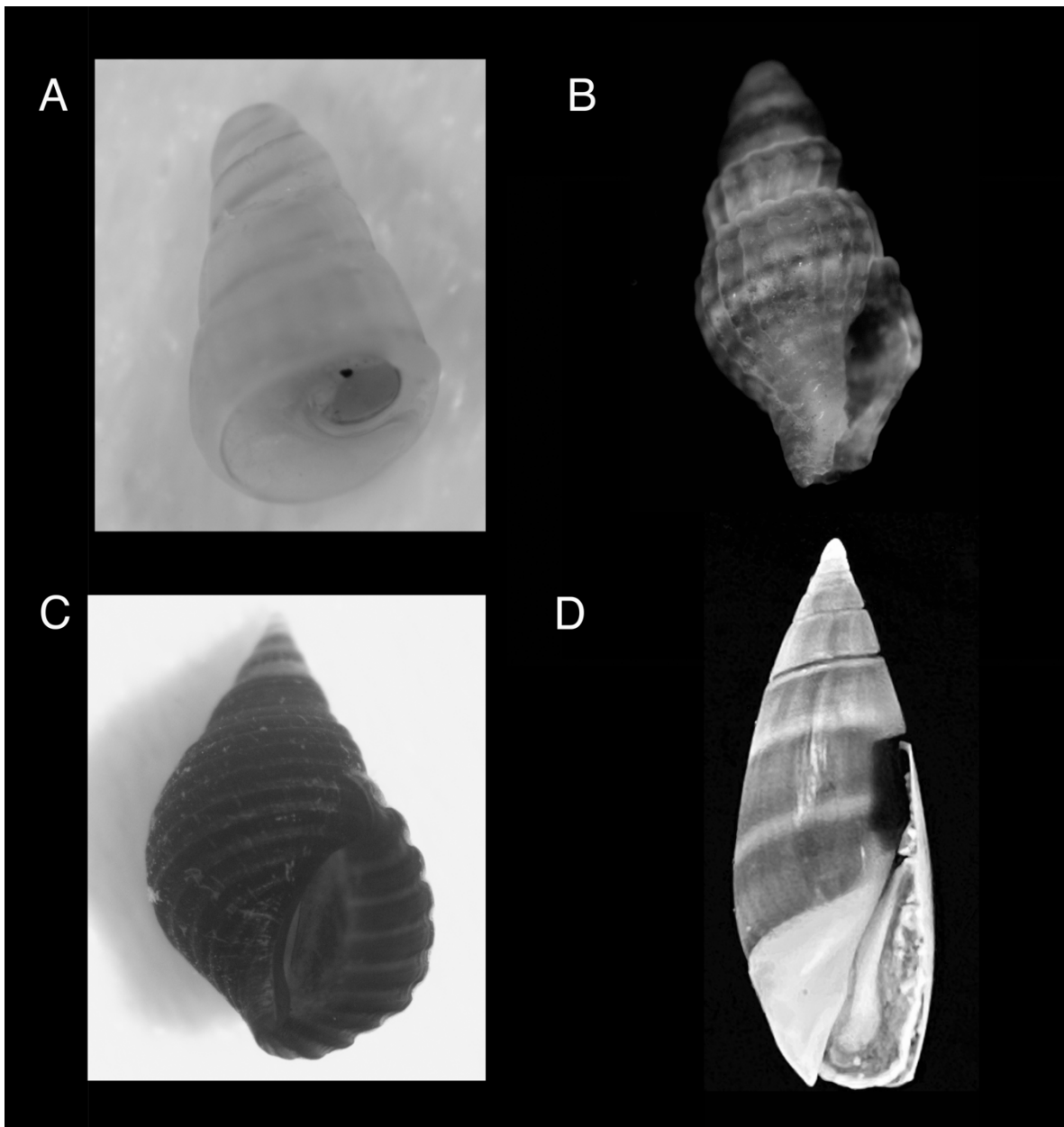


Fig. 5. Moluscos en los sedimentos de las playas del Parque Nacional Manuel Antonio.

A: posiblemente un juvenil de Vermetidae, B: posiblemente un Muricidae, C: *Planaxis planicostatus*, D: *Olivella semistriata*

Los gusanos poliquetos encontrados (Fig. 6) van desde formas intersticiales como Protodrilidae y Saccocirridae que son alargados y se alimentan entre los granos del sedimento, a depredadores de la meiofauna como *Pisionidens indica* y *Pisione* sp. De mayor tamaño se encuentra *Nephtys* sp. que puede depredar sobre otros organismos de la macrofauna. De estas especies se requiere recolectar más especímenes para poder determinar sus especies, pero representan nuevos registros para esta zona del país.

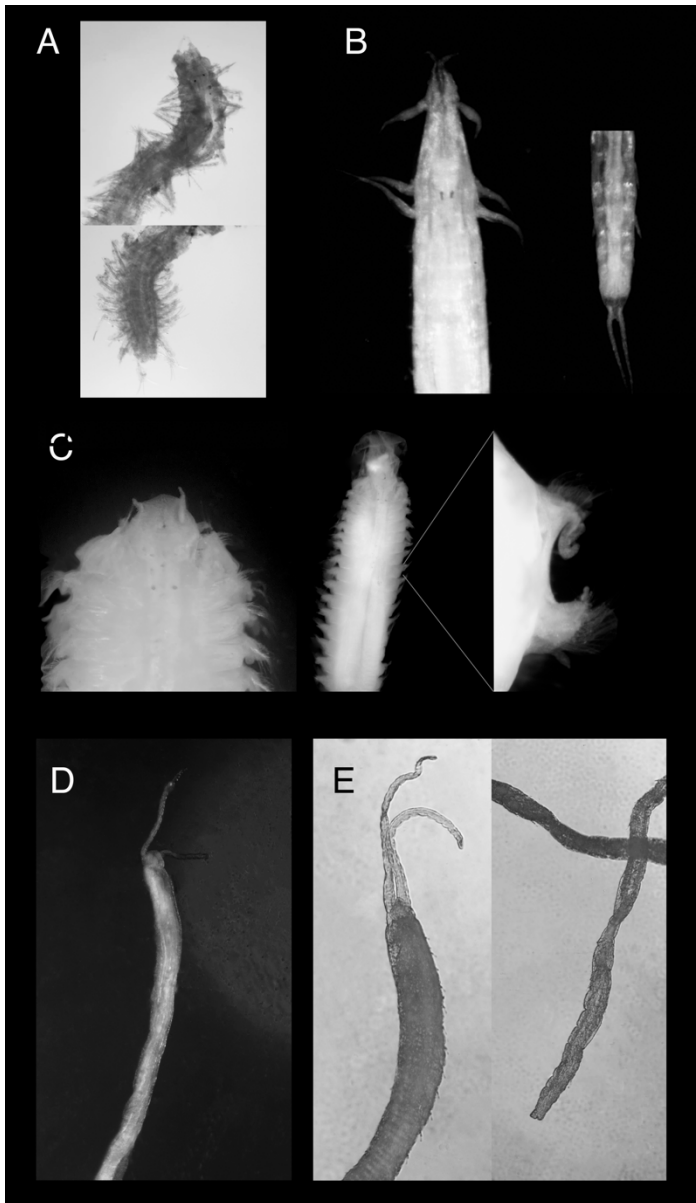


Fig. 6. Gusanos marinos (Annelida) en los sedimentos de las playas del Parque Nacional Manuel Antonio. A: Sigalinoidea: *Pisionide* sp. B: Sigalinoidea: *Pisionidens indica*; C: Nephtyidae: *Nephtys* sp. D: Protodrilidae y E: Saccocirridae.

Los pancrustáceos que incluyen los malacostracos como cangrejos fantasmas y cangrejos ermitaños (Fig. 7), se encontraron en las playas del Parque Nacional. Estos organismos habitan en las zonas alta y media de las playas, realizan hoyos en la arena que utilizan para reguardo, reproducción y se alimentan de los organismos de la meiofauna del sedimento, y en el caso de los cangrejos ermitaños también actúan como carroñeros.

En esta investigación se realizó 8 cuadrantes de 5 x 5 m en cada una de las playas en la zona alta para visualizar los cangrejos y sus hoyos. Los datos obtenidos, indican que Espadilla Norte presentó solo dos hoyos de crustáceos y dos cangrejos fantasma en el muestreo. Espadilla Sur al contrario contó con gran cantidad de hoyos (67) y se diviso ocho cangrejos ermitaños y dos cangrejos fantasmas. La playa de Manuel Antonio presentó ausencia de cangrejos o sus hoyos en los cuadrantes. Playa las Gemelas contó con tres cangrejos fantasma, cuatro cangrejos ermitaños y 12 hoyos. Se podría pensar que la actividad turística en Espadilla Norte y Manuel Antonio reduce la actividad y presencia de dichos crustáceos, mientras que la visitación menor en Espadilla Sur y Gemelas promueve la presencia de dichas especies. Pero una serie de muestreos puede verificar la validez de dicha hipótesis.

Por otro lado, los cangrejos topo *Hippa pacifica* (Fig. 7) habitan en la zona baja de las playas y acá se encontraron en la playa Gemelas. Estos organismos aprovechan la materia orgánica que viene en el oleaje y la que capturan con sus antenas. Suelen asociarse a aguas limpias, por lo que son un indicador de salud ambiental de las playas. Este representa el primer registro para la zona de esta especie.

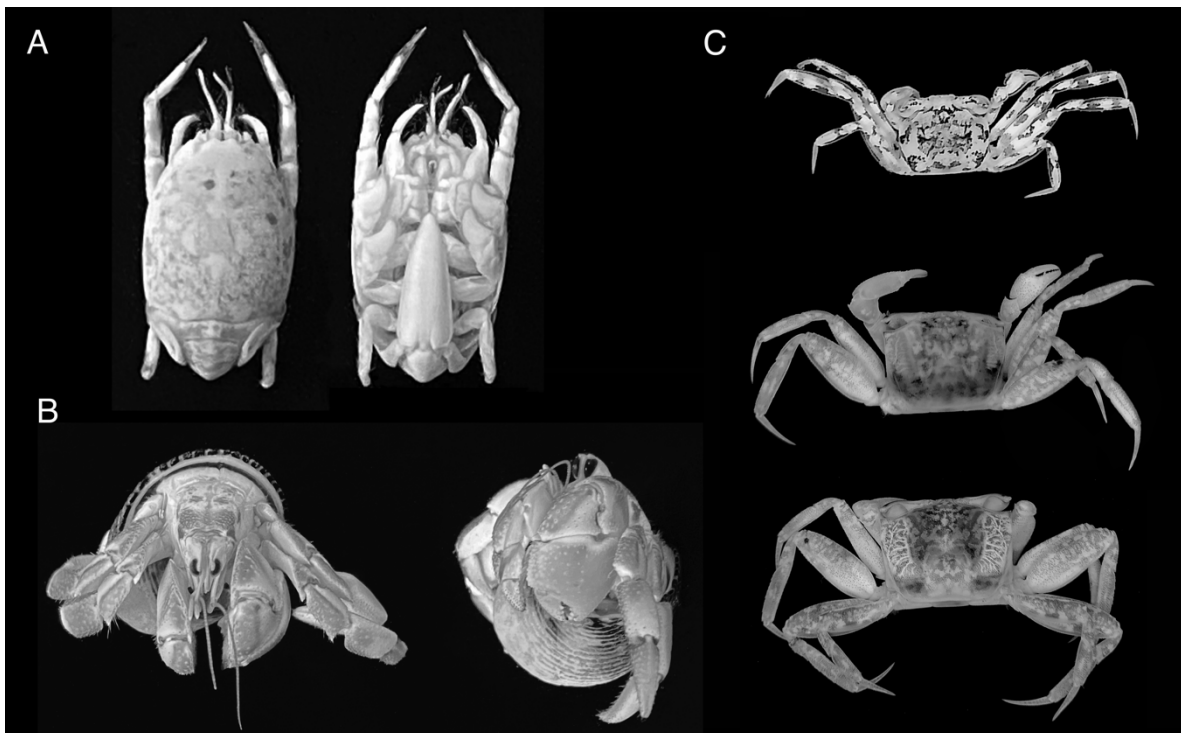


Fig. 7. A: Cangrejo topo (Anomura: *Hippa pacifica*). B: Cangrejo ermitaño (Anomura: *Coenobita compressus*). C: Cangrejo fantasma (Brachyura: *Ocypode occidentalis*, juvenil arriba y dos adultos). Playas de la zona del Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica.

Otros pancrustáceos encontrados son los peracáridos (Fig. 8) que incluyen a los anfípodos, misidáceos como Gastrosaccinae en Espadilla Norte. De esta subfamilia Dexter (1974) encontró una especie del género *Bowmaniella* en playa Espadilla Norte. También se encuentra los isópodos del género *Exosphaeroma* que habita en la zonas media y baja de las playas y la especie *Excirolana braziliensis* que habita las zonas media y alta de las playas, siendo la especie más común en la arena. Dexter (1974) reportó estas mismas especies como *Exosphaeroma diminutum* y *Cirolana salvadorensis* en playa Espadilla Norte.

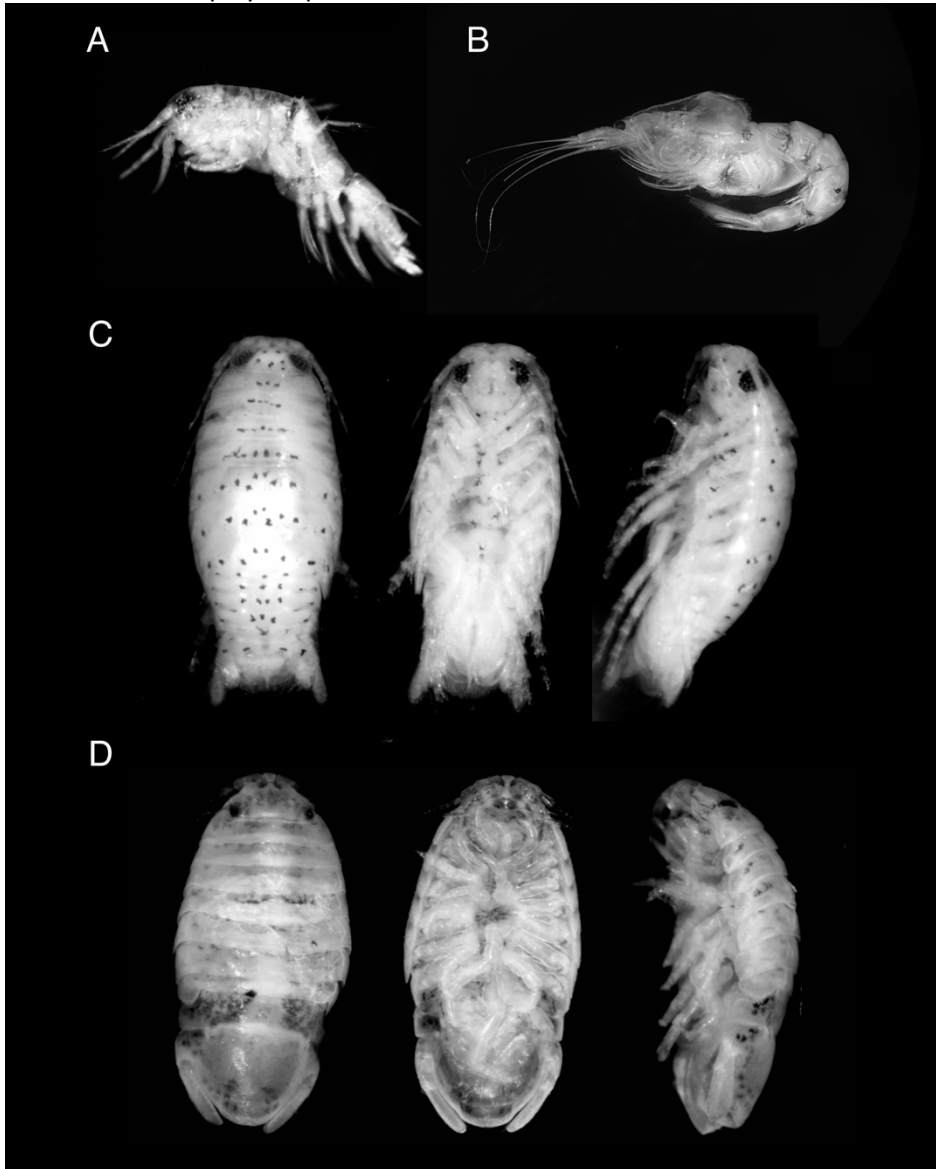


Fig. 8. Peracarida del Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica. A: Amphipoda, B: Mysida: Gastrosaccinae, C: Isopoda: *Excirolana braziliensis*, D: Isopoda: *Exosphaeroma*.

En las playas de arena durante la marea baja, también suele ser utilizada por grupos de arañas o insectos que utilizan para alimentarse o bien para interactuar o simplemente de descanso y paso. Pero suelen ser grupos frecuentes de encontrar como es el caso de algunos psocópteros, como en Espadilla Sur (Fig. 9A). En el caso de la presente investigación dos pequeñas arañas se encontraron en Manuel Antonio y Gemelas, un díptero y otros insectos no identificados fueron encontrados en las muestras de Espadilla Sur (Fig. 9).

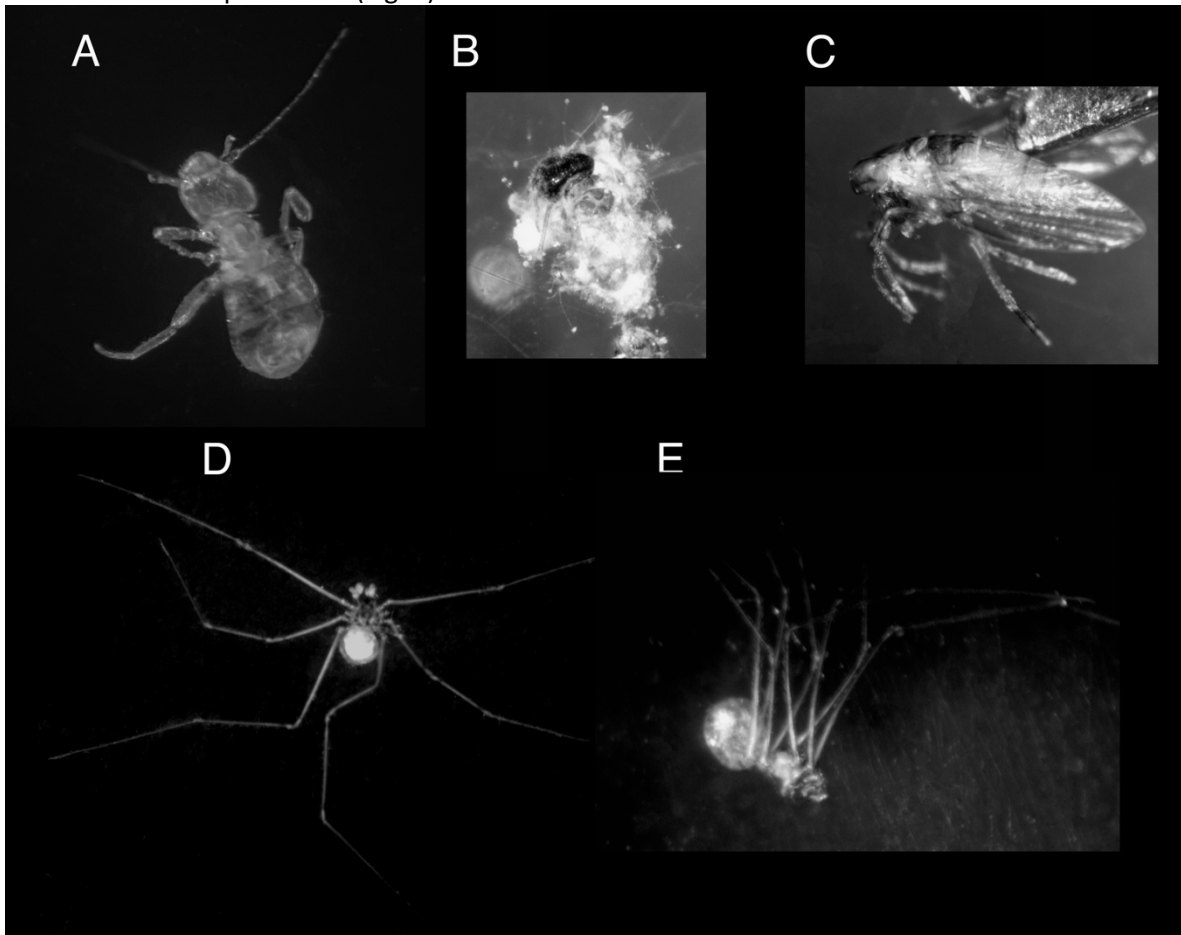


Fig. 9. Algunos artrópodos terrestres encontrados en las muestras de arena de la playa durante la marea baja. A: Psocoptera, B: Insecto no identificado, C: Diptera, D y E: arañas. Playas del Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica.

Finalmente, como grupo taxonómico aparte una especie de galleta de mar *Melitta kanakoffi* fue encontrada en la zona baja de la playa Espadilla Norte (Fig. 10).

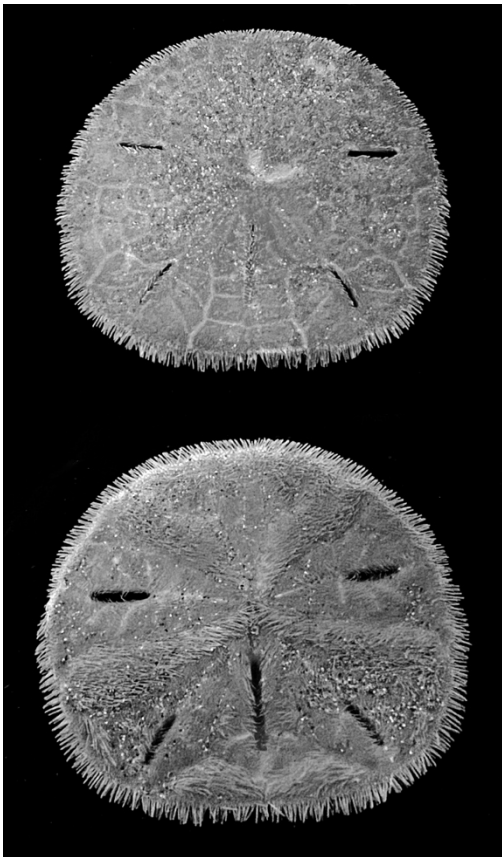


Fig. 10. Galleta de mar de la especie *Melitta kanakoffi*, en la playa Espadilla Norte, Costa Rica.

Comparación de la fauna entre playas:

Un análisis de la similitud de esta fauna por playa indica que Espadilla Sur se diferencia del resto por presentar más especies no compartidas con las otras playas, pese a su pendiente marcada, seguida por Espadilla Norte. El grupo de Manuel Antonio y Gemelas, representan playas donde se encontró las poblaciones mayores de isópodos (Fig. 11).

La poca diversidad de la playa Manuel Antonio, puede deberse a su sedimento fino y compacto, además de ser arenas muy carbonatadas que retienen muy poca materia orgánica. Playa Gemelas, pese ser pequeña, presenta más especies, debido a que el sedimento tienen variaciones granulométricas marcadas, lo que propicia la presencia de más microhábitats. Espadilla Sur, pese a ser una playa con pendiente marcada presentó un número importante de especies.

Estos patrones podrían variar en otras épocas del año donde las lluvias no sean tan fuertes, ya que el agua dulce tiene un efecto negativo sobre muchas de las poblaciones de fauna bentónica en Costa Rica.

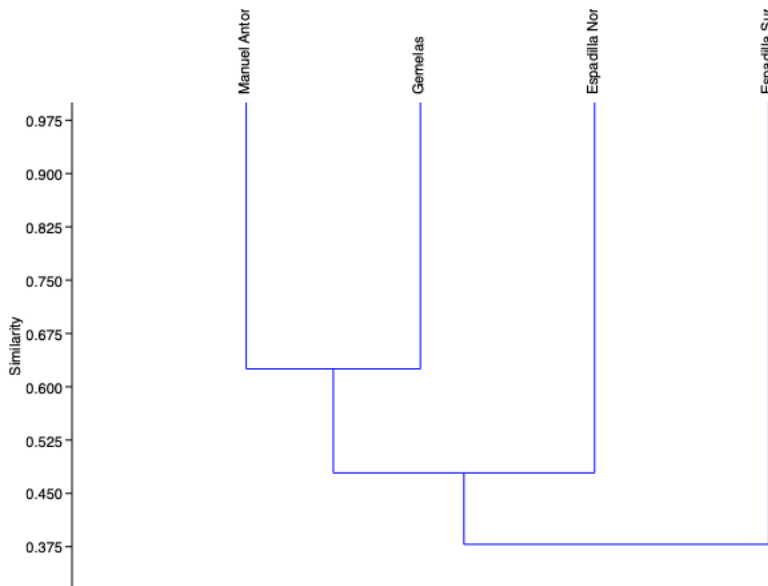


Fig. 11. Análisis de conglomerados basado en el índice Bray-Curtis de similitud de listas de especies de invertebrados de la arena y en este caso tomando en cuenta su densidad de individuos por metro cuadrado, por método de unión promedio, para cuatro playas de la zona del Parque Manuel Antonio, Costa Rica.

Recomendaciones de manejo:

Se presenta información de diversidad para la arena de las playas visitadas, sumando 28 especies que tiene su hábitat en estos sedimentos. Se recomienda seguir con las restricciones de ingreso de fauna domestica, ajena a la silvestre. Se recomienda seguir prohibiendo dentro del Parque sillas, sombrillas, tiendas, vehículos que puedan provocar perturbación mecánica de los sedimentos. En este caso las playas Manuel Antonio y Gemelas presentan poblaciones de isópodos en la zona alta de la playa y Espadilla Sur poblaciones importantes de cangrejos ermitaños y cangrejos fantasma. El efecto de la perturbación por turismo se puede deducir de los datos de este informe, al notar que playa Espadilla Norte presentó valores bajos de densidad de individuos por metro cuadrado de dichos invertebrados y sus hoyos. Esto por diversas actividades y no contar con un control de capacidad de carga de turistas. Como se menciona la playa Gemelas pese a su corta distancia presenta 12 especies, por lo que debe ser también tomada en cuenta para regulación de la cantidad de turistas.

La playa Espadilla Norte afuera del parque por sus características se esperaba presentará más especies o al menos abundancia de organismos. Podría pensarse en un efecto de las actividades turísticas, pero antes deben realizarse más muestreos en otras fechas del año. Al igual que en las playas del Parque. Posiblemente, en el periodo de época seca y de transición a lluviosa otras especies adicionales habiten en estos sedimentos o se presente incrementos en las poblaciones de las especies presentadas en este informe. Sumado a esto, queda aún pendiente el estudio de la meiofauna que son invertebrados de tamaño aún más pequeño.

Estrategia de comunicación y seguimiento de resultados

Esta investigación es parte de un proyecto del CIMAR de la Universidad de Costa Rica. Dentro de la Universidad se debe preparar un informe parcial y uno final. Además, se plantea volver a solicitar permiso de investigación para realizar más muestreos en este 2021 y en 2022 para tener un mayor panorama de la diversidad de esta zona. Con esto se realizaría publicaciones en revistas científicas locales e internacionales.

Bibliografía

Checon, H.H., Corte, G.N., Shah Esmaeili, Y.M.L., Amaral, A.C.Z., 2018. Nestedness patterns and the role of morphodynamics and spatial distance on sandy beach fauna: Ecological hypotheses and conservation strategies. *Sci. Rep.* <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22158-3>

Crawley, M.J., 2007. *The R book*. John Wiley & Sons, Chichester.

Dean, W.E., 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition; comparison with other methods. *Journal of Sediment Research*, 44, 242–248.

Defeo, O., McLachlan, A., 2005. Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 295, 1–20.

Defeo, O., McLachlan, A., Schoeman, D.S., Schlacher, T.A., Dugan, J., Jones, A., Lastra, M., Scapini, F., 2009. Threats to sandy beach ecosystems: a review. *Estuarine Coastal Shelf Science*, 81, 1–12.

Dexter, D. M. (1974). Sandy-beach fauna of the Pacific and Atlantic coasts of Costa Rica and Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 22, 51-66.

Noriega, R., Schlacher, T. A., Smeuninx, B. (2012). Reductions in Ghost Crab Populations Reflect Urbanization of Beaches and Dunes. *Journal of Coastal Research*, 28(1), 123–131

Rodil, I. F., Lucena-Moya, P., Lastra, M., 2018. The Importance of Environmental and Spatial Factors in the Metacommunity Dynamics of Exposed Sandy Beach Benthic Invertebrates. *Estuarine Coasts*, 41, 206–217.

Sibaja-Cordero, J.A., 2018. Spatial distribution of macrofauna within a sandy beach on the Caribbean coast of Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 66 (Suppl. 1), S176–S186.

Sibaja-Cordero, J.A., Camcho-García, Y., Azofiefa-Solano, J.C., Alvaro-Arránz, B. (2019). Ecological patterns of macrofauna in sandy beaches of Costa Rica: A Pacific-Caribbean comparison. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 223, 94–104.

SINAC (2010). *Plan de Turismo Sostenible del Parque Nacional Manuel Antonio. Puntarenas: Proyecto Fortalecimiento del Programa de Turismo en Áreas Silvestres Protegidas.*

SINAC. (2016). *Protocolo PRONAMEC: Protocolo para el monitoreo ecológico de las playas arenosas. Proyecto Consolidación de las Áreas Marinas Protegidas (J.A. Sibaja-Cordero (Elaboración) & D. Martínez-Fernández (Ed.)). San José, Costa Rica: Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y El Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF).*