

Universidad del Valle de Guatemala

Facultad de Ciencias y Humanidades



Determinación de especies de galletas de mar
(Echinodermata: Clypeasteroidea) presentes en la zona
intermareal en las playas de El Ahumado, Monterrico y
Juan Gaviota Marina del Sur del Océano Pacífico de
Guatemala

Trabajo de graduación presentado
por Mariela Toriello Mirón
para optar al grado académico de Licenciada en Biología

Guatemala
2017

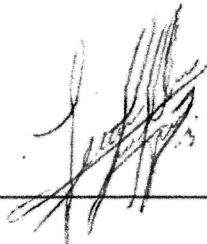
**Universidad del Valle de
Guatemala**
Facultad de Ciencias y Humanidades

Determinación de especies de galletas de mar
(Echinodermata: Clypeasteroidea) presentes en la zona
intermareal en las playas de El Ahumado, Monterrico y
Juan Gaviota Marina del Sur del Océano Pacífico de
Guatemala

Trabajo de graduación presentado
por Mariela Toriello Mirón
para optar al grado académico de Licenciada en Biología


Guatemala
2017

Vo. Bo. : (f) _____

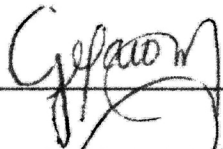

Lic. Manuel Ixquiac

Tribunal Examinador:

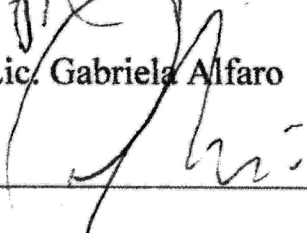
(f) _____


Lic. Manuel Ixquiac

(f) _____


Lic. Gabriela Alfaro

(f) _____


M.Sc. Diego Pons

Fecha de aprobación: Guatemala 15 de Junio de 2017.

PREFACIO

En Guatemala no existe un listado de especies de las galletas de mar en el Pacífico. En general la información sobre estos organismos en Centroamérica y Latinoamérica es escasa y dispersa. Las galletas de mar tienen un papel importante en el ecosistema. Controlan la bioturbidez y la biomasa de algas. Además, causan erosión, afectando en la biogeoquímica de los sedimentos y oxigenando el suelo. En este trabajo de graduación se determinó las especies de galletas de mar en tres playas muestreadas en el Pacífico. La información generada, aporta un enriquecimiento al listado de equinodermos del país así como aporta información valiosa para iniciativas de conservación en las playas del Pacífico de Guatemala.

Considero este apartado el más importante de todo mi trabajo de graduación ya que tuve ayuda de muchas personas, sin las cuales este trabajo no habría sido posible.

Un especial agradecimiento a mis padres, que me apoyaron a lo largo de todo el proceso, a Donald Turton y a Lucía Aragón, cuya ayuda fue esencial, fueron mi mano derecha a lo largo de toda la investigación.

A Tomás Rodríguez, Caroll de Rodríguez, Tony y Nandy Bickford, Guillermo y Marta Eugenia Mirón Rámila, familia Aragón Castellanos, Priscila Juárez y Luis Herrera gracias por proporcionarme equipo, hospedaje y apoyo en este proceso, su granito de arena es parte de este trabajo.

A Erick Andrade, Alejandro Vásquez y Manuel Ixquiac gracias por ayudarme con mis preguntas, y la elaboración del trabajo escrito. A Melissa Villatoro por sus dibujos.

Gracias a mi equipo de trabajo en cada playa, que sudo conmigo: Juan Pablo Gudiel, Ninoshka López, Ma. Fernanda Sandoval, Sofia Del Salto, Jorge Piedrasanta, Kennedy Ruiz, Diego Roca, Marco Lemus, Álvaro Rivera, Eduar Grijalva, Nery Ramírez, José Santos, Tiburcio Blanco, Daniel Flores, Daisy Flores, Marielos Ramírez, Javier Ramírez, Karla Ramírez, Jacqueline Machuca, Isabel Machuca, Sarita

de Machuca, Amarildo Machuca, Celia Ochoa, Santiago Montepec, Byron Barrios, Gabriel Vásquez, Santos Vásquez, Julio César Vásquez, Pedro Castillo, Ángel Mejía, Denis Villegas, Byron Vásquez, José Antonio Vásquez, José Daniel Hernández, y Manuel González.

Por último agradezco al desarrollo Juan Gaviota Marina del Sur y a la Universidad del Valle de Guatemala por apoyarme a lo largo del proceso.

ÍNDICE

	Página
PREFACIO	iii
ÍNDICE	v
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODOS	12
III. RESULTADOS	24
IV. DISCUSIÓN	28
V. CONCLUSIONES	32
VI. RECOMENDACIONES	33
VII. LITERATURA CITADA	34
VIII. REFERENCIAS	40
IX. ANEXOS	42

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro	
1. Variables a considerar en la investigación.....	17
2. Fecha, lugar, luna y hora de los viajes de campo realizados.....	24
3. Galletas de mar recolectadas en los seis viajes de campo realizados.....	25
4. Índices de Simpson de cada playa.....	26
5. Índices de Similitud de las tres playas.....	26
6. Prueba de Fischer.....	27

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura	
1. Superficie aboral de la galleta de mar <i>Mellita quinquesperforata</i>	4
2. Sección transversal de la galleta de mar <i>Mellita quinquesperforata</i>	5
3. Disección aboral de <i>Mellita quinquesperforata</i>	5
4. Ubicación de las tres playas a muestrear en el océano Pacífico de Guatemala.....	13
5. Mapa del área de usos múltiples de Monterrico.....	15
6. Desarrollo de Juan Gaviota Marina del Sur	15
7. Flujograma de la metodología de la investigación.....	16
8. Diagrama de la metodología de muestreo.....	19
9. Puntos de los transectos a llevar acabo en la playa El Ahumado.....	20
10. Puntos de los transectos a llevar acabo en la playa de Monterrico.....	20
11. Puntos de los transectos a llevar acabo en la playa de Juan Gaviota Marina del Sur.....	21
12. Cantidad de galletas de mar encontradas en las tres playas muestreadas por época y especie.....	25
13. Datos ranqueados de El Ahumado y Juan Gaviota Marina del Sur.....	26
14. Histograma de frecuencia de tallas de <i>Mellita quinquesperforata</i> a partir de la longitud total (mm).....	27

RESUMEN

En este trabajo de graduación se buscó determinar las especies de galletas de mar en la zona intermareal del Pacífico para formar una línea base de la diversidad y abundancia de estas especies. Las galletas de mar son invertebrados marinos herbívoros que por lo general se encuentran en la zona intermareal. Las galletas de mar controlan la biomasa de algas, además por ser animales excavadores influyen en la biogeoquímica de los sedimentos y la bioturbidez. En Centroamérica y Latinoamérica la información de estos animales es escasa. La información generada ayuda a apoyar las iniciativas de conservación en el Pacífico, además de generar el listado de especies de galletas de mar en el Pacífico, la cual es inexistente hasta el momento. Se hicieron muestreos en tres playas del litoral del Pacífico de Guatemala: El Ahumado, Juan Gaviota Marina del Sur y Monterrico. En cada una se realizaron 30 transectos en las épocas seca y lluviosa. Se encontraron dos especies de galletas de mar: *Mellita quinquesperforata* y *Encope emarginata*. El Ahumado y Juan Gaviota tuvieron un 0.5 y 0.6 de similitud según el índice de Jaccard y Sorensen respectivamente. En Monterrico no se reportó nada. El índice de Simpson fue de 0 para las playas a excepción de Juan Gaviota Marina del Sur que obtuvo un 0.008. Se realizó un ANOVA de dos factores no paramétrico y se obtuvo que existe diferencia significativa entre la población de Juan Gaviota Marina del Sur y El Ahumado. En Juan Gaviota Marina del Sur se obtuvieron 425 galletas de mar y en el Ahumado seis. Esto sugiere que en las playas públicas, como lo es Monterrico y El Ahumado, hay una extracción que impacta negativamente la extracción de estos organismos. Para obtener resultados con mayor robustez se recomienda el aumento de muestreos durante ambas épocas.

ABSTRACT

In this thesis the objective was to determine the sand dollar species present in the intertidal zone of the Pacific to form a database for future investigations. Sand dollars are invertebrate, herbivore, marine animals usually found in the intertidal zone. They control algae biomass. Also because of their excavatory behavior they influence the biogeochemistry of the sediments and bioturbity. In Central America and Latin America information of this animals is scarce. The information gathered supports initiatives for conservation in the Pacific and provides a list of the species of sand dollars in the Pacific, which is nonexistent at the moment. Surveys were made in three beaches: El Ahumado, Juan Gaviota Marina del Sur and Monterrico. Each survey, one for each season, consisted of 30 lines. Two species of sand dollars were found: *Mellita quinquiesperforata* and *Encope emarginata*. El Ahumado and Juan Gaviota have a 0.5 and 0.6 of similitude according to the index of Jaccard and Sorensen respectively. The index of Simpson was of 0 except for Juan Gaviota Marina del Sur, with 0.008. With the data recollected an ANOVA of two factors, non parametric, was made. The result was that there is a significant difference between the population of sand dollars of Juan Gaviota Marina del Sur and El Ahumado. Monterrico had no sand dollars, while 425 were found in Juan Gaviota Marina del Sur and six in El Ahumado. This suggests that in public beaches, the case of Monterrico and El Ahumado, there is a big extraction of the sand dollars for selling. For better results in the study, I recommend a higher number of surveys during both seasons.

I. INTRODUCCIÓN

Las galletas de mar son invertebrados marinos que tienen el hábito de enterrarse en la arena (Marshall Cavendish Corporation 2004). Estos organismos aportan distintas funciones al ecosistema en el que viven. Erosionan la arena con sus movimientos por lo que tienen influencia biogeoquímica en el ecosistema (Yeo *et.al.* 2013). También se venden como objetos ornamentales, sin embargo tienen la capacidad de aportar datos interesantes en los estudios de acidificación y contaminación del océano, por su esqueleto de carbonato de calcio (Gonzalez-Bernat *et.al.* 2013).

La galleta de mar es un animal poco estudiado en la mayoría de Centroamérica, Guatemala no es la excepción. Se tiene conocimiento de algunas especies de equinodermos del Atlántico. Sin embargo en el Pacífico no se han estudiado (Solís-Marín y Alvarado 2009).

El objetivo general de este trabajo es determinar la presencia-ausencia y diversidad de especies de galletas de mar presentes en la zona intermareal en marea baja en las playas de El Ahumado, Monterrico y Juan Gaviota Marina del Sur del océano Pacífico de Guatemala. Así, se podrá generar conocimiento de las especies que existen, la diversidad y abundancia de las mismas en estas playas.

A. Antecedentes

1. Generalidades equinodermos. Los equinodermos son animales exclusivamente marinos. En este grupo se encuentran los equinozoos, homalozoos, crinozoos y asterozoos. Algunos ejemplos son los erizos de mar, lirios de mar, estrellas de mar y galletas de mar (Marshall y Williams 1985). Estos tienen un registro fósil desde antes del comienzo del Cámbrico. La simetría radial o meridional caracteriza al grupo, sin embargo no fue su faceta original (Marshall y Williams 1985).

Los equinodermos se caracterizan por tener simetría pentaradial, al llegar a adultos, con un esqueleto de carbonato de calcio. Se dividen en lado oral y aboral. Adentro tienen un sistema único de canales de agua, sistema vascular acuífero, que les permite moverse, comer y respirar. Habitan en todos los mares, y a todas las profundidades, desde los 0 hasta los 11,000 m de profundidad (Solís-Marín y Alvarado 2009). Los equinodermos son animales dioicos, sexos separados y por lo general se reproducen por medio de la liberación de huevos y espermatozoides en el agua, fertilización externa. También se han reportado especies hermafroditas, y la reproducción asexual (fisiparidad, clonación) se presenta en todas las clases del filo en etapa larvaria (Pawson 2007). La época de reproducción es activada por el largo del día y la temperatura del agua (AMNH 2008). El sistema nervioso de los equinodermos no está desarrollado, consiste en un anillo nervioso que rodea la boca y los nervios radiales que conectan el anillo con el resto del cuerpo. Los equinodermos poseen células que detectan luz, gravedad, y hormonas producidas por otros organismos (Miller y Levine 2004).

El sistema digestivo es un tubo tapizado por endodermo que conecta la boca y el ano. Los distintos grupos dentro de los equinodermos difieren en la posición de la boca, la presencia o ausencia de ano y de ciegos digestivos (Marshall y Williams 1985).

Los órganos reproductores son gónadas inter-radiales con conductos independientes hacia el exterior, en algunos casos se encuentran en los brazos. Por lo general los sexos son distintos (Marshall y Williams 1985).

2. Galletas de mar

a. Características generales. Las galletas de mar son animales de cuerpo aplanado, de hábitos nocturnos que tienen espinas cortas y gruesas que les permiten enterrarse en la arena durante el día (Charteris 2013). Se mueven en el eje anterior y posterior y en ocasiones hacen movimientos rotacionales al encontrarse con un obstáculo (Yao *et.al* 2013). Estos organismos pertenecen al filo Echinodermata y son depredados por estrellas de mar y caracoles.

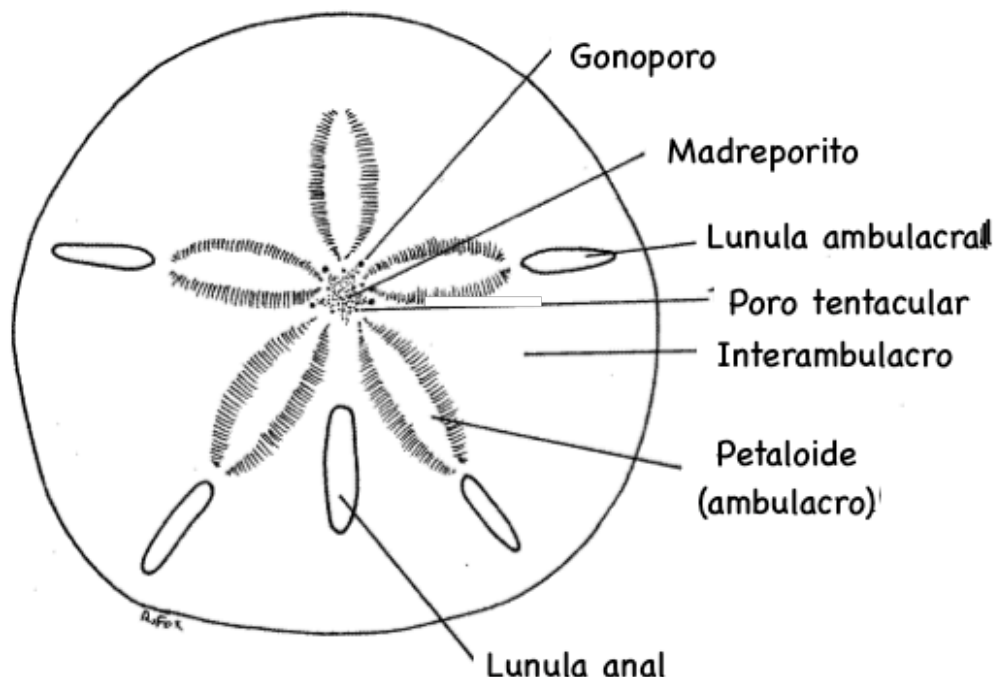
b. Alimento. Las galletas de mar son animales herbívoros, alimentándose de partículas orgánicas (Herrero-Pérezrul *et.al.* s.f). Generalmente se alimentan de pequeñas partículas de comida que la corriente del agua les lleva o que obtienen de la arena por medio de sus pies ambulacrales que dirigen el alimento a la boca. Sin embargo hay algunas especies que consumen crustáceos pequeños, dinoflagelados, diatomeas y granos de arena (O Neill 1978).

Otra forma de alimentarse es colocándose en la arena en un ángulo que permite una parte de su cuerpo estar fuera de la arena. En esta posición filtran el agua obteniendo su alimento directamente de ella (Marshall Cavendish Corporation 2004).

Las galletas de mar viven en poblaciones grandes, por lo que se colocan de manera que les facilite la reproducción y alimentación a todo el grupo (Morris *et.al.* 1980).

c. Anatomía. Las galletas de mar pertenecen al grupo de equinoideos irregulares. Están formadas por un exoesqueleto calcáreo formado por placas soldadas entre sí, tienen lado aboral (arriba) y oral (abajo). El ano y la placa del madre porito se encuentran en la cara aboral (Fischer *et.al.* 1995). El madre porito funciona como una válvula que permite la entrada de agua (Figura 1).

FIGURA 1. Superficie aboral de la galleta de mar *Mellita quinquesperforata*.

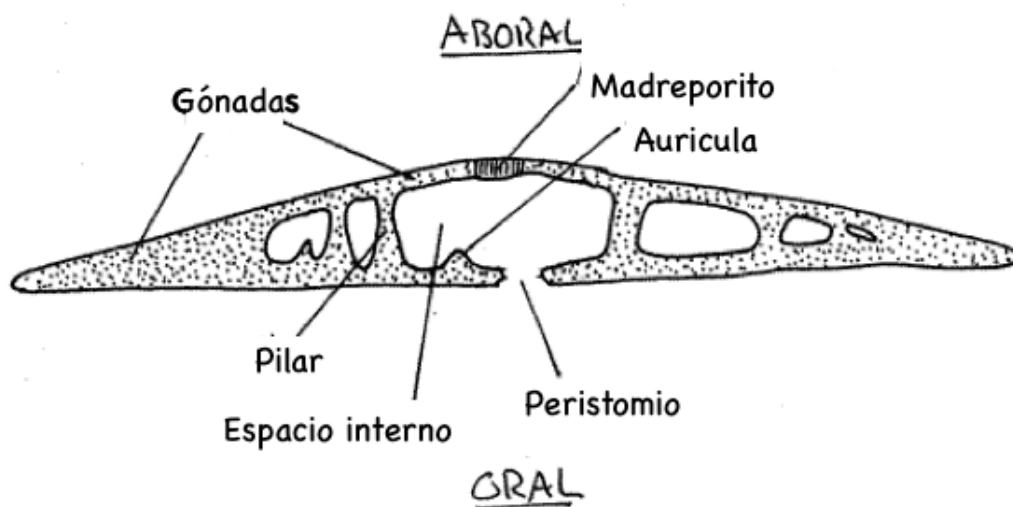


(Fox 2007)

La región oral es aplanada. Los pies ambulacrales de esta región están especializados en la captura de alimento y el intercambio gaseoso. La región aboral es de forma convexa, en ella se encuentra la boca rodeada por el peristoma y el periprocto que rodea el ano. Además tiene áreas ambulacrales conocidas como ambulacros petaloideos (Figura 2). Esta región tiene pies ambulacrales especializados en el intercambio gaseoso. Algunas especies tienen orificios distribuidos simétricamente llamados lúnulas (Fox 2007).

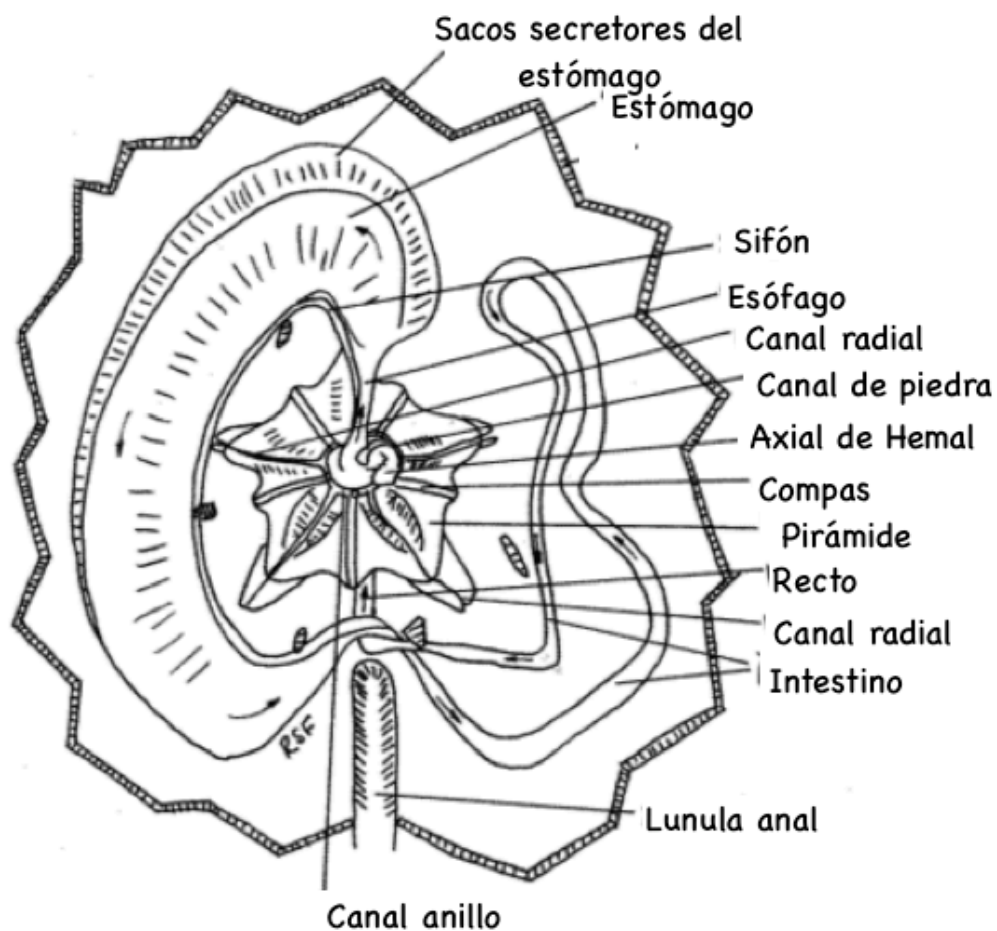
Las galletas de mar presentan una estructura especializada para masticar conocida como la linterna de Aristóteles. Esta se encuentra reducida o no está presente. El sistema digestivo surge de esta estructura especializada, si esta presente, que está conectado al esófago. El esófago está conectado al intestino que está a su vez está conectado al recto y el mismo al ano. Además la galleta de mar tiene un sifón que le permite retirar agua del estómago (Figura 3) (Fox 2007).

FIGURA 2. Sección transversal de la galleta de mar *Mellita quinquesperforata*.



(Fox 2007)

FIGURA 3. Disección aboral de *Mellita quinquesperforata*.



d. Reproducción. Las galletas de mar tienen 4 gónadas de las cuales expulsan esperma y huevos para que se dé la fertilización externa (Karleskint *et.al* 2012). Sus larvas se forman un día después de la fecundación, las cuales se desarrollan independientemente de sus padres (Morris 1980). Las larvas formadas se alimentan de plancton por varios meses hasta aferrarse al fondo y continuar su desarrollo (Karleskint *et.al* 2012). Por lo general se establecen en sitios donde se encuentran sus congéneres adultos. El estado larval es largo para asegurar la dispersión de las mismas, además es afectado por la alimentación y la temperatura (O'Connor *et.al.* 2007). Las galletas de mar tienen una vida aproximada de 10 años. Por lo general alcanzan su madurez sexual a los 4 años (Durham 1978).

La época de reproducción es anual. En las especies estudiadas, del género *Dendroaster*, esto sucede de julio a agosto. Sin embargo esto puede cambiar con cada especie. La reproducción se ve favorecida por la forma de vida colonial de estos animales (Morris *et.al.* 1980).

Las galletas de mar son dioicas, tienen sexos separados y no muestran dimorfismo sexual. A pesar de tener sexos separados rara vez muestran hermafroditismo (Burke 1984).

e. Hábitat. Las galletas de mar se encuentran en aguas someras de hasta 40 metros. Se mantienen enterradas en la arena, pueden llegar a enterrarse hasta los 15 cm de profundidad (Marshall Cavendish Corporation 2004). Por lo general se encuentran en las zonas intermareal y sublitoral (Pereira 2011). Como se menciona anteriormente las galletas de mar tienen presencia en ambientes marinos altamente diferenciados y en aguas profundas; en ambientes someros ricos en sedimentos y detritos (Alvarado 2011). Según Pawson (2007) las galletas de mar, como equinodermos, son muy diversos en las aguas someras de las regiones tropicales y subtropicales. Además decrecen su diversidad y abundancia en latitudes altas.

3. Usos

a. Rol ecológico. Las galletas de mar controlan la biomasa de algas por sus hábitos alimenticios (Herrero-Pérezrul *et.al.* S.F). También pueden proporcionar alimento y casa a otras especies en una relación simbiótica. Tal es el caso

de la especie de galleta de mar *Encope emarginata* y el crustáceo *Dissodactylus crinitichelis*. La galleta de mar le provee protección al crustáceo y alimento. El crustáceo se adhiere a la galleta cerca de sus lúnulas que dirigen el alimento hacia la boca de la galleta de mar, alimentando también al crustáceo (Guilherme *et.al.* 2015).

Las galletas de mar son animales excavadores por lo que son un componente clave en la bioturbidez, ya que influyen la biogeoquímica de los sedimentos con sus movimientos (Yeo *et.al.* 2013).

b. Herramienta científica. Se han llevado a cabo varios estudios con las galletas de mar que permiten obtener mayor conocimiento sobre su distribución, su reproducción, historia, evolución, sus relaciones con otros animales y su hábitat. En el caso de las galletas de mar del género *Dendraster* han sido utilizadas para estudios de ciclo de vida, de desarrollo, distribución y alimentación (Olivares-Bañuelos *et.al.* 2012). Debido a que las galletas de mar son diversas y se fosilizan, se han utilizado para seguir su filogenia en tiempo real (Mooi y Peterson 2000).

Otro ejemplo claro de los avances científicos y de ser una herramienta científica es el estudio de Barreiro *et.al.* (2010), donde utilizan la galleta de mar *Clypeaster subdepressus* para la regeneración de tejido óseo. La estructura y geometría de los poros en la galleta de mar permite la migración de células y la vascularización, regenerando así el tejido óseo.

En los últimos años los equinoides, entre ellos las galletas de mar, han sido objeto de estudio para observar los efectos de la acidificación del océano en su fertilización y desarrollo. Esto ha tomado importancia ya que sus larvas tienen el potencial de alterar comunidades y poblaciones marinas. Tal es el caso del estudio hecho por Gonzalez-Bernat *et.al.* (2013) en el que usa la galleta de mar *Arachnoides placenta* para observar el desarrollo de sus larvas en diferentes pH.

Estudios en laboratorio y en el campo han ayudado a los científicos a entender mejor los efectos de la acidificación del océano. Estos estudios demuestran que especies marinas podrían experimentar efectos adversos en su crecimiento, salud,

reproducción y supervivencia, particularmente en el desarrollo temprano. Las galletas de mar podrían tener una reducción en su supervivencia y crecimiento (NOAA 2013). En el estudio de Villalobos *et.al.* 2012 se usó la galleta de mar *Dendraster excentricus* para determinar si el decrecimiento del valor de pH decrece el éxito de fertilización. Los resultados no fueron conclusivos, por lo que se recomendó hacer un estudio con mayor control de variables y mayor cantidad de muestras.

Los equinodermos son robustos ante la acidificación del océano. Sin embargo diferencias importantes ante la sensibilidad a la acidificación del océano se observan entre poblaciones y especies (Dupont *et.al.* 2010). En un futuro cercano Dupont *et.al.* 2010 concluye que la acidificación del océano tendrá un impacto negativo en los equinodermos, con consecuencias significantes a nivel de ecosistema. Por lo mismo se necesitan estudios que exploren la barrera entre ecología y toxicología con especies modelos para evaluar los distintos factores del agua.

c. Atractivo turístico. Las galletas de mar han sido utilizadas para productos de artesanía. *Encope grandis* es la especie utilizada para esto comúnmente (Fischer *et. al.* 1995). Por lo general las personas recogen los esqueletos de las galletas de mar de las playas y las colocan como adornos en sus casas.

4. Estudios acerca de la galleta de mar

a. Centroamérica / Latinoamérica. Según Corrales y Sibaja (2015), los estudios en Centroamérica sobre zonas de entre mareas son pocos, los que hay son principalmente de El Salvador, Panamá y Costa Rica. Esta información es respaldada por el estudio de Solís-Marín y Alvarado (2009). En el estudio llevado a cabo por Corrales y Sibaja (2015) en Costa Rica se encontró una única especie de galleta de mar, *Mellita longifissa*, sin embargo hay un listado de especies del orden Clypeasteroidea al que pertenecen las galletas de mar de las familias Clypeasteridae, Dendrasteridae y Mellitidae en el Pacífico de México. Entre las especies más importantes mencionadas están *Encope grandis*, *Mellita longifissa* y *Dendraster excentricus* (Caso 1977).

En la recopilación de datos hecha por Pauls y Francisco (2008) en Venezuela se encontraron 32 especies reportadas de galletas de mar. Entre las especies reportadas están *Leodia sexiesperforata*, *Mellita quinquesperforata*, *Clypeaster rosaceus*. En el

océano Pacífico de Costa Rica hay reporte de la presencia de la galleta de mar *Mellita longifisa* (Corrales y Sibaja 2015).

b. Guatemala. En Guatemala se han documentado 23 diferentes especies de equinodermos en el Caribe de diversidad ya que las especies son representantes de diferentes grupos taxonómicos. Entre estos se encuentran especies de los órdenes holothuroidea y asteroidea. Sin embargo estas especies son resultado de un bajo muestreo realizado, por lo que se esperaría una ampliación de la lista en el artículo de Alvarado 2011. Según el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) (2009) hay poca información producida para la parte marina del Pacífico de Guatemala, así como disponibilidad para acceder a la misma.

De acuerdo a la experiencia y observaciones de Manuel Ixquiac (2016), en la playa de Monterrico ya no se observan galletas de mar. Antes esto era un atractivo turístico para la playa, sin embargo la colecta de las mismas por visitantes como recuerdo y adorno ha disminuido considerablemente las poblaciones ya que su colecta no es regulada por ninguna institución.

B. Justificación

Los equinodermos tienen importancia ecológica en aguas someras y abismales ya que son eslabones fundamentales de las redes tróficas como depredadores, detritívoros y filtradores influyendo en la estructura y composición de los arrecifes (Solís-Marín y Alvarado 2009). Los equinodermos que se alimentan de sedimentos transforman la materia orgánica haciéndola accesible para otros organismos además de oxigenar el sedimento. En el caso de los erizos y galletas de mar tienen importancia porque controlan la biomasa de algas, esto a causa de su actividad herbívora. Además producen erosión ayudando al balance de carbonatos en zonas arrecifales (Herrero-Pérezrul *et.al.* s.f).

Alvarado (2011) menciona que las galletas de mar tienen presencia en ambientes marinos altamente diferenciados y en aguas profundas, así como en ambientes someros ricos en sedimentos y detritos. La falta de un especialista en el tema así como la escasa literatura y falta de exploración han limitado tener un mayor conocimiento

de las distintas especies de equinodermos presentes en el Caribe. En el estudio de Francisco & Pauls (2008), una recopilación de información sobre equinoideos en Venezuela, se menciona que la mayor parte de información se encuentra dispersa en la literatura de estudios llevados a cabo por localidades del Caribe y Atlántico.

Los datos adquiridos con este estudio aportarán información valiosa al listado de especies presentes en el país ya que no se tiene registro alguno sobre las galletas del mar en el Pacífico. Se generó una línea base sobre la cual futuros estudiantes e investigadores pueden trabajar, permitiendo por ejemplo, la comparación del estado de las galletas de mar a lo largo de los años, también se podría relacionar con el cambio climático y la acidificación del océano. Además, con esta información será posible promover programas de protección y conservación (Honey-Escandón *et.al* 2008). En el estudio de González-Bernat *et. al.* 2013, utilizan las larvas de las galletas de mar para observar la respuesta de la acidificación del océano en las poblaciones marinas.

El presente trabajo de graduación proporciona información que puede utilizarse para apoyar iniciativas de conservación del Pacífico guatemalteco. La información podría publicarse en “La biodiversidad marina, vacíos y estrategias”, la cual es una publicación que presenta el primer esfuerzo de planificación para la conservación de la zona marino costera de Guatemala, a través de proporcionar insumos para el desarrollo de propuestas que contribuyan a su consolidación. En esta publicación se incluye la identificación y ubicación geográfica de sitios prioritarios para la conservación marina en el Pacífico de Guatemala y el desarrollo de estrategias para llenar vacíos de conservación identificados y mitigar las amenazas más fuertes hacia los ecosistemas marino costeros (CONAP y MARN 2009).

C. Objetivos

1. General

a. Determinar la presencia-ausencia y diversidad de las especies de galletas de mar presentes en la zona intermareal en marea baja en las playas de El Ahumado, Monterrico y Juan Gaviota Marina del Sur del océano Pacífico de Guatemala.

2. Específicos

- a.** Determinar la diversidad de especies de galletas de mar en tres sitios muestreados del Pacífico de Guatemala a través del índice de Simpson.
- b.** Determinar la similitud y abundancia relativa de especies de galletas de mar en tres regiones del Pacífico a través del índice de Jaccard, el índice de Sorensen y un análisis ANOVA de dos factores no paramétrico.
- c.** Elaborar una clave dicotómica de las especies encontradas en las regiones muestreadas en el Pacífico.

D. Hipótesis

1. Existe diferencia significativa en la diversidad de galletas de mar en las playas de Monterrico, El Ahumado y Juan Gaviota Marina del Sur según el índice de Simpson.
2. No existe diferencia significativa entre la abundancia y riqueza de especies de galletas de mar en las playas del Pacífico El Ahumado, Monterrico y Juan Gaviota Marina del Sur.

II. Métodos

A. Enfoque

El enfoque de investigación es cuantitativo ya que se contabilizarán la cantidad de especies y se medirá la diversidad de especies de galletas de mar encontradas en las tres playas muestreadas en la región del Pacífico. Además la investigación cuenta con hipótesis *a priori*.

B. Tipo

El tipo de investigación es exploratorio descriptivo debido a que se describió las especies existentes en las tres playas muestreadas del Pacífico. Es un tema nuevo con poca información en la zona del Pacífico de Guatemala lo que hace a la investigación de tipo exploratoria.

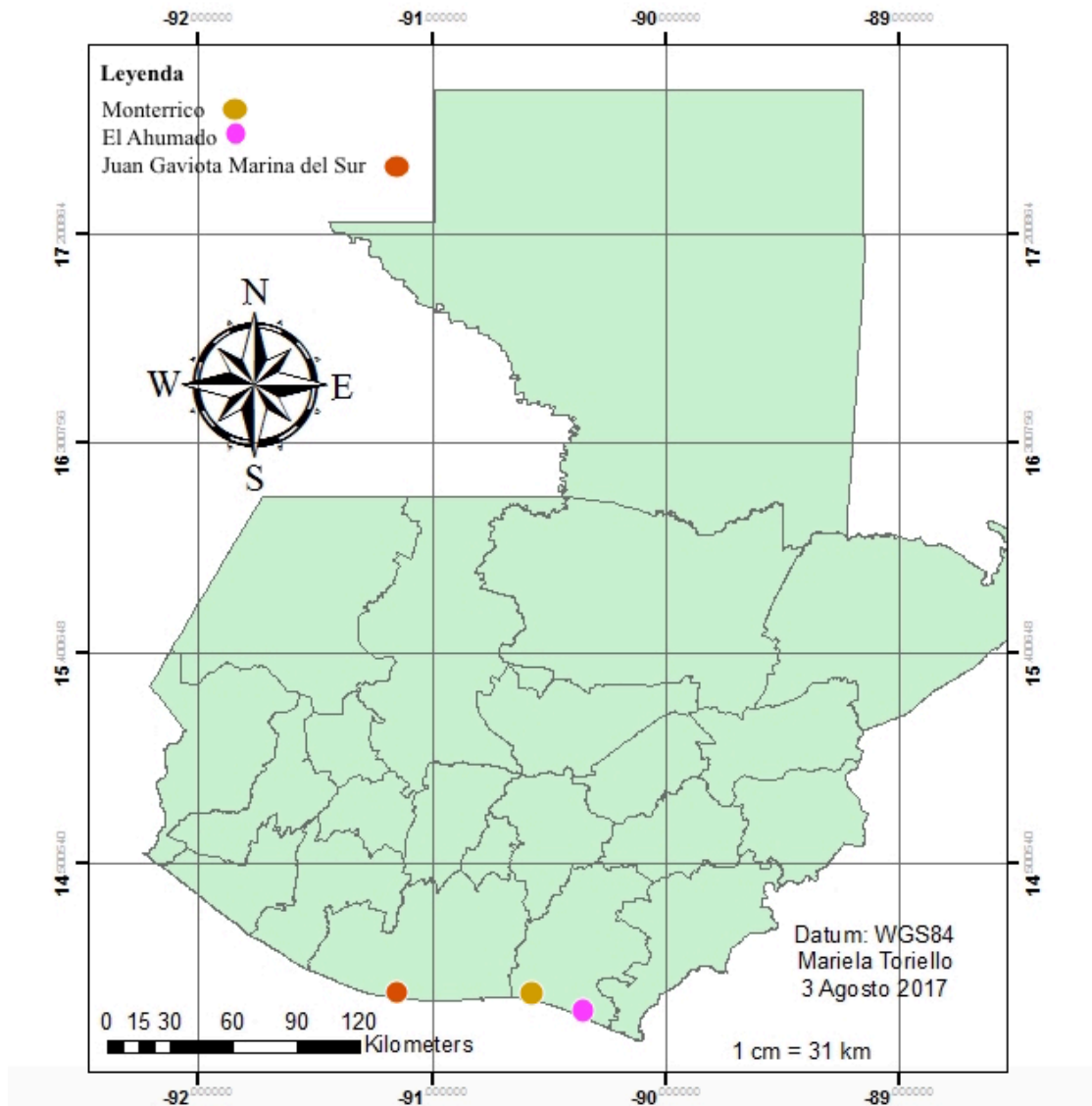
C. Diseño

El diseño de la investigación es no experimental ya que se observó el fenómeno sin alterar ninguna variable.

D. Población

La investigación se llevó a cabo en tres playas del Pacífico: El Ahumado, Juan Gaviota Marina del Sur y Monterrico (Figura 4).

FIGURA 4. Ubicación de las tres playas muestreadas en el océano Pacífico de Guatemala.



Por: Mariela Toriello.

1. El Ahumado. El Ahumado se encuentra en el departamento de Santa Rosa, Chiquimulilla pertenece al humedal costero Las lisas-La Barrona. Está área está ubicada en la costa sur de Guatemala en los departamentos de Santa Rosa y Jutiapa. El sitio corresponde a la cuenca baja del Río La Paz. Dentro del área se encuentran manglares, áreas estacionalmente inundadas, lagunas y dos bocabarras.

En el área se encuentran varios asentamientos humanos y se práctica la pesca artesanal. El área desempeña un papel hidrológico y ecológico significativo en la frontera Guatemala- El Salvador. Además el sitio ofrece pesca a pequeña escala,

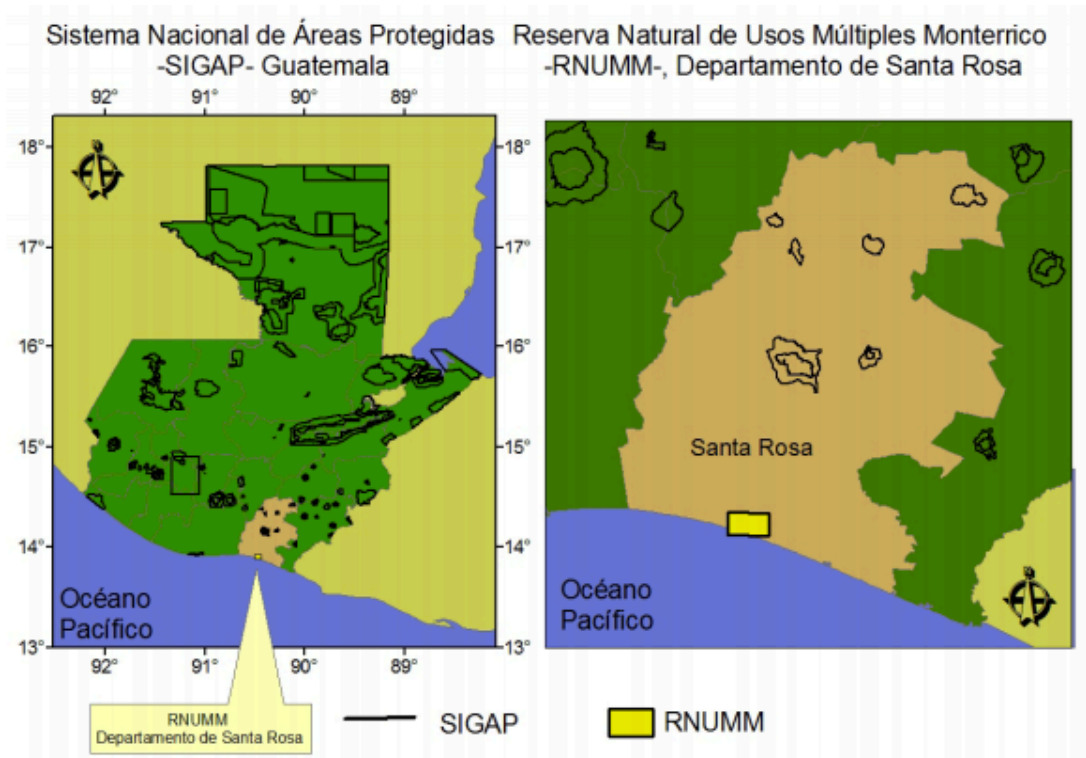
suministro alimenticio de vida silvestre, forrajes para ganado, uso de manglares para leña, árboles frutales y turismo para pesca deportiva. El área tiene una alta diversidad por lo que se busca conservarla (Anónimo 2000). Se debe mencionar que en esta área la época lluviosa y seca son marcadas, como lo es en general en Centroamérica según el estudio de Hastenrath y Polzin 2013.

La importancia natural y cultural del área ha promovido múltiples esfuerzos para su protección y conservación. Un ejemplo de esto es la implementación del Programa de Trabajo en Áreas Protegidas del Convenio sobre Diversidad Biológica (Anónimo s.f.). El Ahumado está formado por los caseríos Chapetón, El Dormido, San Cristóbal, El Aguacate, El Maguey, San Pedro y Santa Rosa.

Para llegar a las playas de El Ahumado se debe tomar la carretera interoceánica CA-9 de la ciudad capital hacia el sur hasta llegar a Escuintla. En Escuintla se toma la ruta CA-2 hasta llegar a Chiquimulilla.

2. Monterrico. La playa de 2 km de Monterrico se encuentra en Santa Rosa, entre los municipios de Taxisco y Chiquimulilla. Perteneció a la zona de vida bosque seco subtropical según el sistema de Holdridge. El Área o Reserva de Usos Múltiples de Monterrico es administrada por el CECON (Centro de Estudios Conservacionistas de la Universidad San Carlos de Guatemala). Es un humedal de importancia ya que proporciona un papel hidrológico y ecológico significativo en el funcionamiento natural de las cuencas y zonas costeras de la zona. El Área de Usos Múltiples de Monterrico (AUMM) (Figura 5) promueve el turismo, el desarrollo de programas de protección y apoyo a la vida silvestre del lugar. Cuenta con el mayor desarrollo de bosques de manglares en Guatemala. Además es hogar de especies importantes como la iguana verde, las tortugas marinas y terrestres (Castillo *et.al.* 2012).

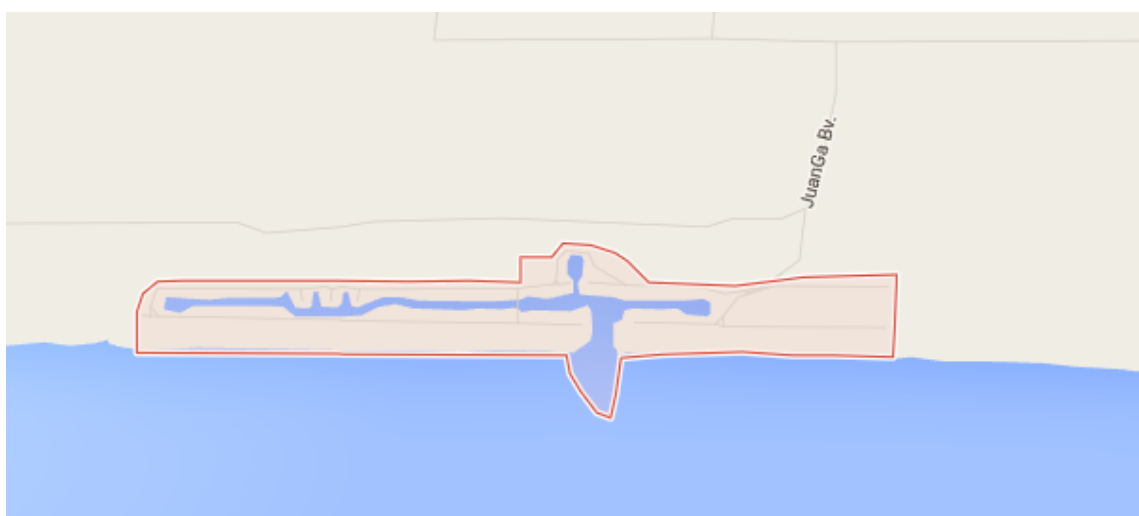
FIGURA 5. Mapa del área de usos múltiples de Monterrico.



(Castillo *et.al.* 2012)

3. Juan Gaviota Marina del Sur. Juan Gaviota Marina del Sur (Figura 6) es un desarrollo de vivienda y hotelería en el departamento de Escuintla. Este cuenta con una playa de 5km de largo. El proyecto se encuentra después de atravesar el río Achihuate (Juan Gaviota Marina del Sur 2015).

FIGURA 6. Desarrollo de Juan Gaviota Marina del Sur.

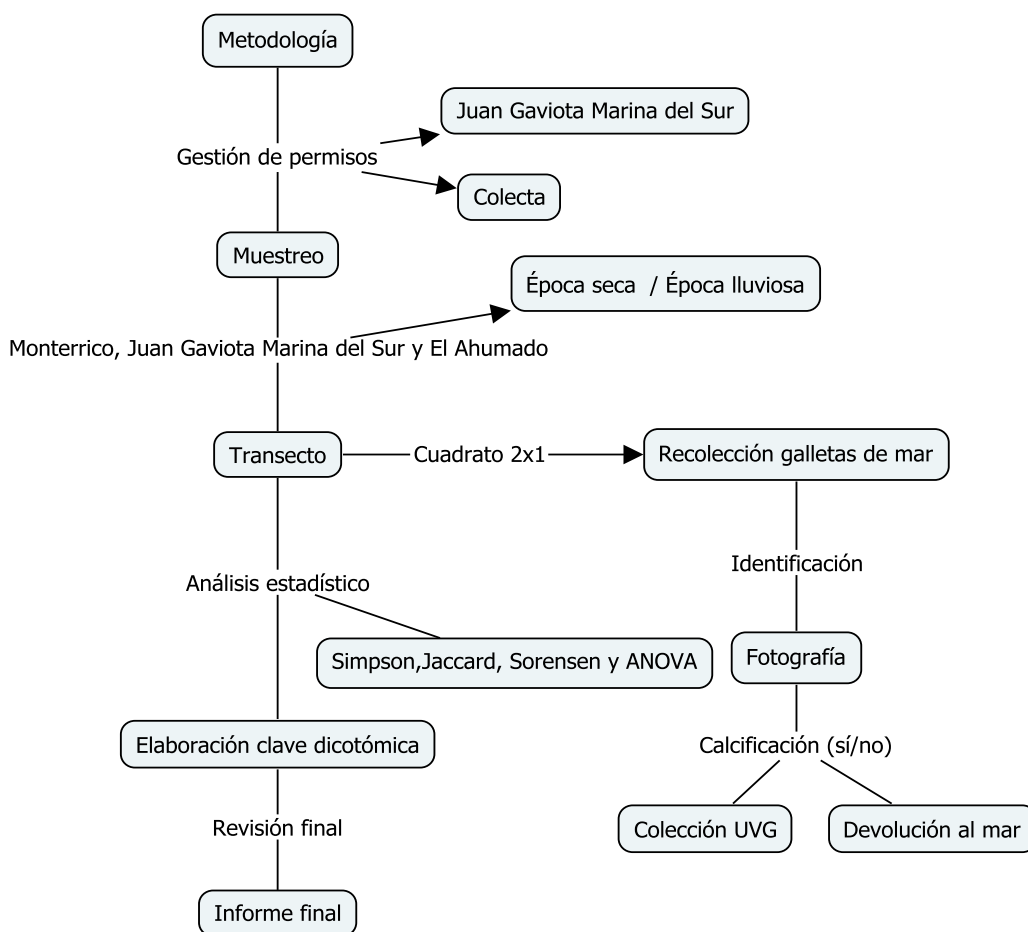


(Google 2016)

En la zona costera el agua tiene una temperatura de 25°C aproximadamente y una salinidad de 34 ppm. Su plataforma es suave y regular. Las mareas en la costa del Pacífico son semi diurnas con una desigualdad diaria. Debido a la alta diversidad del Pacífico y que los ecosistemas marinos y marino-costeros no cuentan con ningún tipo de protección, el SIGAP (Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas) propone la creación de un corredor biológico (Anónimo 2000).

Previo al muestreo se gestionaron los permisos de colecta además del permiso para llevar a cabo la investigación en el desarrollo de Juan Gaviota Marina del Sur, ya que es la única playa privada a muestrear. Para muestrear en Monterrico se obtuvo el permiso del CECON. El procedimiento completo está resumido en el diagrama de la Figura 7.

FIGURA 7. Flujograma de la metodología de la investigación.



E. Muestreo

1. **Tipo.** La investigación se realizó con un muestreo sistemático. La recolección se hizo por medio de transectos establecidos sistemáticamente en cada playa. En cada transecto se hicieron 10 rectángulos de 2x1 metros de los cuales se recolectaron las galletas de mar vivas y muertas que se encontraron.

2. **Selección.** Se tomaron en cuenta todos los especímenes enteros encontrados, muertos o vivos durante la marea baja la cual sé estimo a partir del programa WXTide32 Versión 4.6. Se llevó acabo la recolección durante la marea baja ya que las galletas de mar se entierran, y en marea baja son más accesibles.

F. Variables

CUADRO 1. Variables a considerar en la investigación.

Variable	Definición conceptual	Naturaleza	Nivel Medio	Dimensión	Indicador (definición operacional)	Escala
Diversidad	Riqueza y número de especies diferentes de galletas de mar en los tres sitios muestreados del pacífico	Cuantitativa	De razón	Riqueza	No. de especie	Índice de Simpson Entre más cercano a 1 mayor diversidad
		Cuantitativa	De razón	Abundancia	No. de individuos por especie	
Similitud entre comunidades	Especies comunes en dos comunidades	Cuantitativo	De razón		No. especies comunes	Índice de Sorensen e Índice de Jaccard Se miden de 0-1 siendo 1 la mayor similitud

*Jaccard y Sorensen: se basan en la relación presencia y ausencia entre el número de especies comunes en dos comunidades y el número total de especies. Ambos

presentan resultados en porcentaje. La diferencia es que en Sorensen se toman todas las especies sean exclusivas o no y en Jaccard solo las exclusivas.

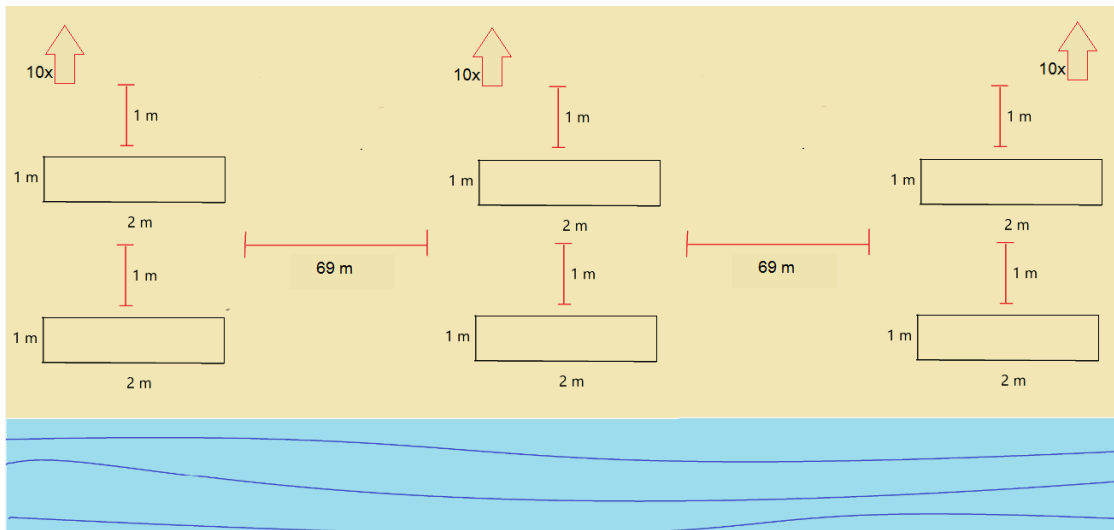
G. Procedimiento

1. Materiales.

- cinta métrica de 50 m
- vernier electrónico
- rectángulo de PVC de 2x1 m
- cámara
- 2 cajas de plástico
- moto o vehículo de playa
- GPSmap 62s de Garmin

2. Proceso. Se muestrearon 30 transectos de diez rectángulos cada uno en la zona intermareal de las tres playas seleccionadas en el Pacífico, todos durante marea baja. Los transectos se hicieron a lo largo de dos km de playa en todas las playas para igualar las condiciones de muestreo. La playa más pequeña es la de Monterrico, con dos km de largo así que esa fue la medida a utilizar. Los rectángulos fueron de 2x1 m. Cada transecto se empezó tres metros adentro, aproximadamente, desde el punto al que llegan las olas en ese momento. Ahí se colocó el primer rectángulo y se continuó 20 metros para arriba de la playa dejando un metro de por medio entre cada rectángulo. En los mapas (Figura 9, 10 y 11) se encuentran los puntos *a priori* de los transectos, en cada playa, estos fueron separados por 69 m. Cada rectángulo fue recorrido mientras se escarbaba manualmente la arena a unos quince cm de profundidad buscando los organismos, recolectando las galletas de mar vivas y muertas (Figura 8). Debido a que se necesitaba trabajar durante la marea baja se dividió el trabajo en dos días, donde se hacían quince transectos por día.

FIGURA 8. Diagrama de la metodología de muestreo. En cada transecto (30 en total) se hicieron 10 rectángulos de 2x1. Esto se hizo en cada playa.

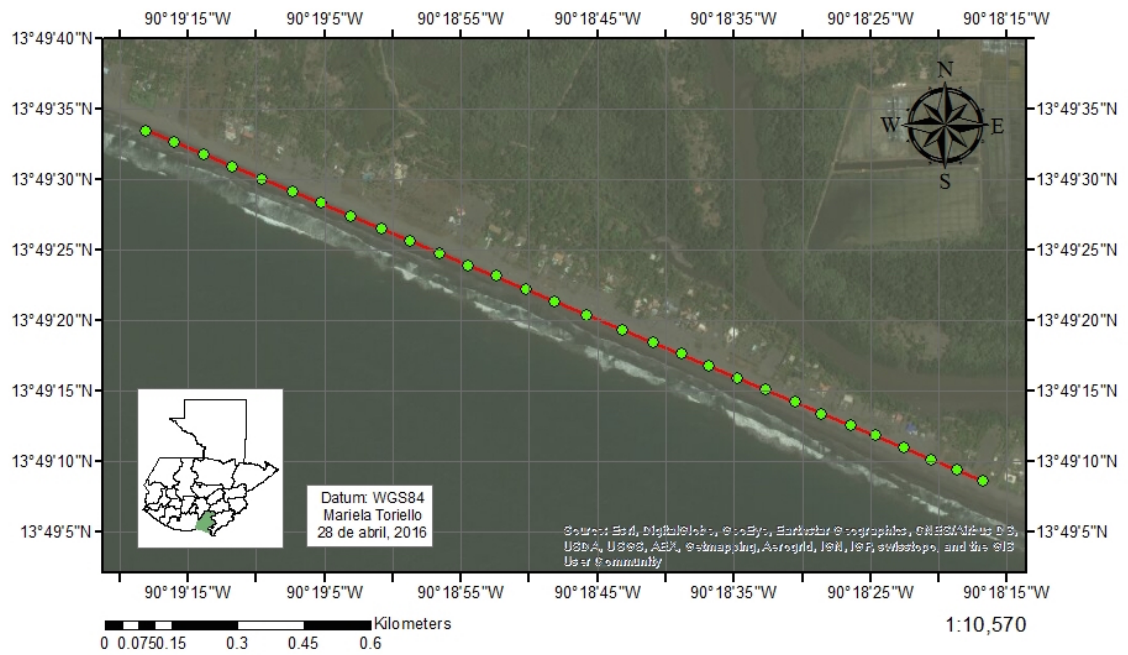


Cada espécimen fue fotografiado para la posterior identificación. Las galletas de mar vivas se guardaron en una caja plástica con agua de mar y arena para evitar volverlas a contar. Al terminar el set completo en la playa se devolvieron al mar. Las galletas de mar muertas se tomaron para la colección de invertebrados de la Universidad del Valle de Guatemala. Cada transecto fue georeferenciado con GPS. Los datos de las galletas de mar se anotaron en el formulario indicado en el anexo 2.

Este procedimiento se hizo dos veces en cada playa, una vez en época seca y otra en época lluviosa. Para la identificación de las especies de galletas de mar se utilizó las claves taxonómicas de Mortensen (1948) y dos claves alternas basadas en la de Mortensen. Por último se hizo una clave dicotómica para la identificación de especies de galletas de mar de cada playa.

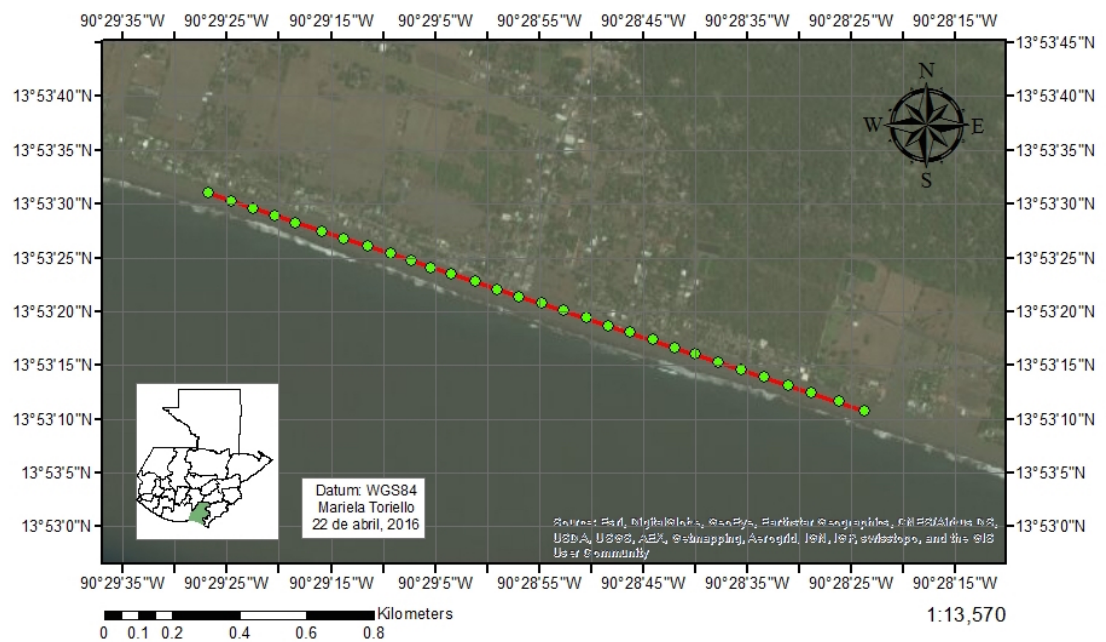
En los anexos 7, 8 y 9 se pueden ver los permisos para llevar a cabo la investigación.

FIGURA 9. Puntos de los transectos a llevar a cabo en la playa El Ahumado.



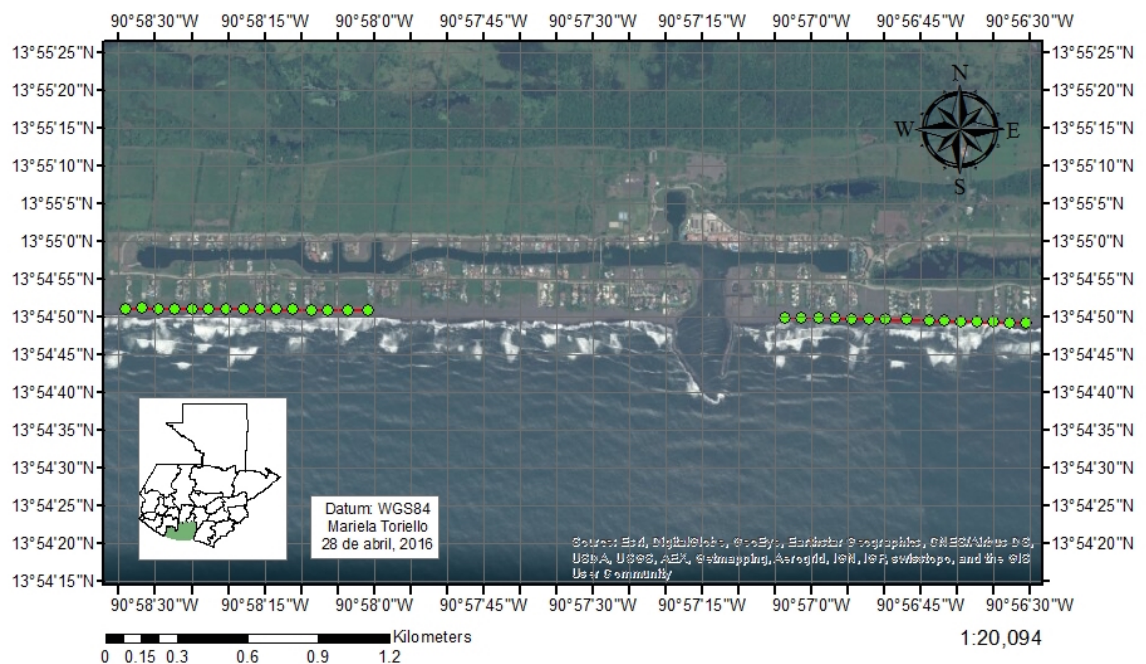
Por: Mariela Toriello.

FIGURA 10. Puntos de los transectos a llevar a cabo en la playa de Monterrico.



Por: Mariela Toriello.

FIGURA 11. Puntos de transectos a llevar a cabo en la playa de Juan Gaviota Marina del Sur.



Por: Mariela Toriello.

H. Análisis estadístico

1. Medición de diversidad. Se trabajó con tres índices para medir dos variables. La variable de diversidad se midió en las tres playas por medio del índice de Simpson.

El índice de Simpson representa la probabilidad de que dos individuos tomados al azar sean de la misma especie. Este índice varía inversamente con la heterogeneidad por lo que el valor obtenido se resta a 1, el valor máximo.

Su fórmula es:

$$1 - D = \sum \left[\frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right]$$

Donde n_i es el número de individuos de la i ésima especie y N es el número total de individuos de la muestra. El índice es de 0 a 1 siendo 1 la mayor diversidad (Villareal *et.al.* 2004).

2. Medición de similitud. Se midió la similitud entre sitios por medio de los índices de Jaccard y de Sorensen, diversidad beta. El índice de Jaccard depende de

la calidad de datos, por lo que puede haber ausencia, cuando en realidad solo no se encontraron los especímenes por lo que por lo general se usa el índice de Sorensen (Guisande 2006). El índice de Sorensen relaciona el número de especies en común con el resto encontradas en ambos sitios (Villareal *et.al.* 2004). En este estudio se utilizaran ambos índices.

Los índices de Jaccard y Sorensen se basan en la relación presencia y ausencia entre el número de especies comunes en dos comunidades y el número total de especies. Ambos presentan resultados de 0 a 1. La diferencia es que en Sorensen se toman todas las especies sean exclusivas o no y en Jaccard solo las exclusivas (Badii *et.al.* 2008).

Para el análisis de datos se tomo en cuenta las galletas de mar vivas y muertas. Para observar la abundancia de especies de galletas de mar se hicieron curvas de estructuras tomando en cuenta la abundancia relativa de las mismas.

El índice de Jaccard:

$$I_j = \frac{C}{A + B - C}$$

El índice de Sorensen:

$$J_s = \frac{2C}{A + B}$$

Donde A es el número de especies en la muestra A, B es el número de especies en la muestra B y C son las especies comunes entre ambas muestras. Los valores van de 0 a 1, siendo 1 la mayor similitud (Villareal *et.al.* 2004).

3. ANOVA de dos factores no paramétrico. Para el análisis de las tres áreas primero se aplicó un ANOVA anidado. Posteriormente, para respaldar los índices de similitud se realizó un ANOVA de dos factores no paramétricos para las dos áreas que presentaron presencia de galletas de mar, por medio de este análisis se evaluó la similitud entre los tres sitios y las épocas de muestreo.

I. Ética

Debido a que el procedimiento no causa ningún daño a las galletas de mar la investigación está exenta a revisión por el Comité de Ética de Uso y Cuidado Animal de la Universidad del Valle de Guatemala (CEUCA-UVG). La carta que así lo establece se muestra en el Anexo 1.

J. Recursos humanos

Para la investigación se contó con el investigador principal, Mariela Toriello, un asistente, y seis ayudantes de campo. Todos seleccionados a discreción del investigador principal. Los ayudantes de campo recibieron entrenamiento previo al muestreo dado por la investigadora principal.

El asesor principal de la investigación es Manuel Ixquiac, licenciado en acuicultura de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Manuel trabaja como asesor marino costero en FUNDAECO.

III. RESULTADOS

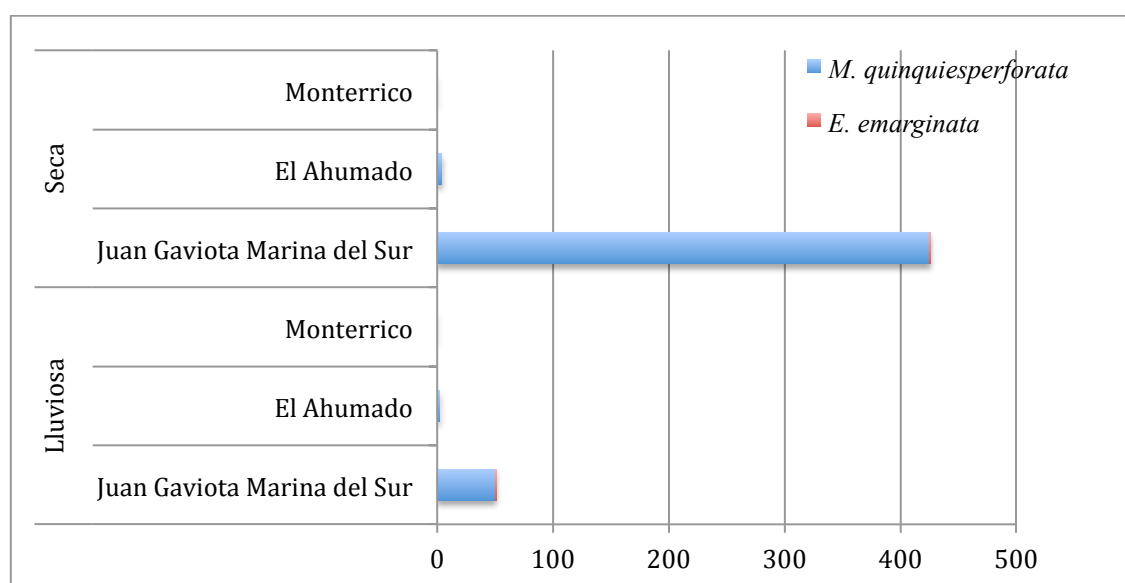
En los seis viajes de campo realizados se colectaron un total de 483 galletas de mar de las cuales solo se encontró dos especies. Las especies encontradas fueron *Mellita quinquesperforata* y *Encope emarginata*. Los resultados más representativos en la investigación se encuentran en este apartado, para mayor detalle revisar anexos. La clave dicotómica elaborada está basada en Borrero *et. al.* 2012 y Marine Science Institute 2003 se encuentra en el anexo 5. Los puntos de los transectos realizados en cada playa se encuentran en los anexos 11, 12, 13 y 14.

CUADRO 2. Fecha, lugar, luna y hora de los viajes de campo realizados.

No. Viaje	Lugar	Fecha	Luna	Hora	Observaciones
1	Juan Gaviota Marina del Sur	1-2 Oct 16	Nueva	9 AM/ 9:30 AM	
2	El Ahumado	29-30 Oct 16	Nueva	7 AM/7:30 AM	tráfico de motos
3	Monterrico	5-6 Dic 16	Cuarto creciente	11:30 AM /12 PM	mareas bajas altas; mucho turista
4	Juan Gaviota Marina del Sur	21-22 Enero 17	Cuarto menguante	2 PM/ 2:30PM	tormenta en la mañana del 22; mareas lunares bajas
5	El Ahumado	26-27 Feb 17	Nueva	7:40 / 8:30 AM	
6	Monterrico	5-6 Marzo 17	Cuarto creciente	1/1:30 PM	Turistas, playa inclinada

CUADRO 3. Galletas de mar recolectadas en los seis viajes de campo realizados.

Época	Playa	Especie	Individuos	No. Vivas	No. Muertas	Total
Lluviosa	Juan Gaviota Marina del Sur	<i>M. quinquiesperforata</i>	50	14	36	51
		<i>Encope emarginata</i>	1	0	1	
	El Ahumado	<i>M. quinquiesperforata</i>	2	1	1	2
	Monterrico		0	0	0	0
Seca	Juan Gaviota Marina del Sur	<i>M. quinquiesperforata</i>	425	418	7	426
		<i>Encope emarginata</i>	1	0	1	
	El Ahumado	<i>M. quinquiesperforata</i>	4	0	4	4
	Monterrico		0	0	0	0
						483

Figura 12. Cantidad de galletas de mar encontrados en las tres playas muestreadas por época y especie.

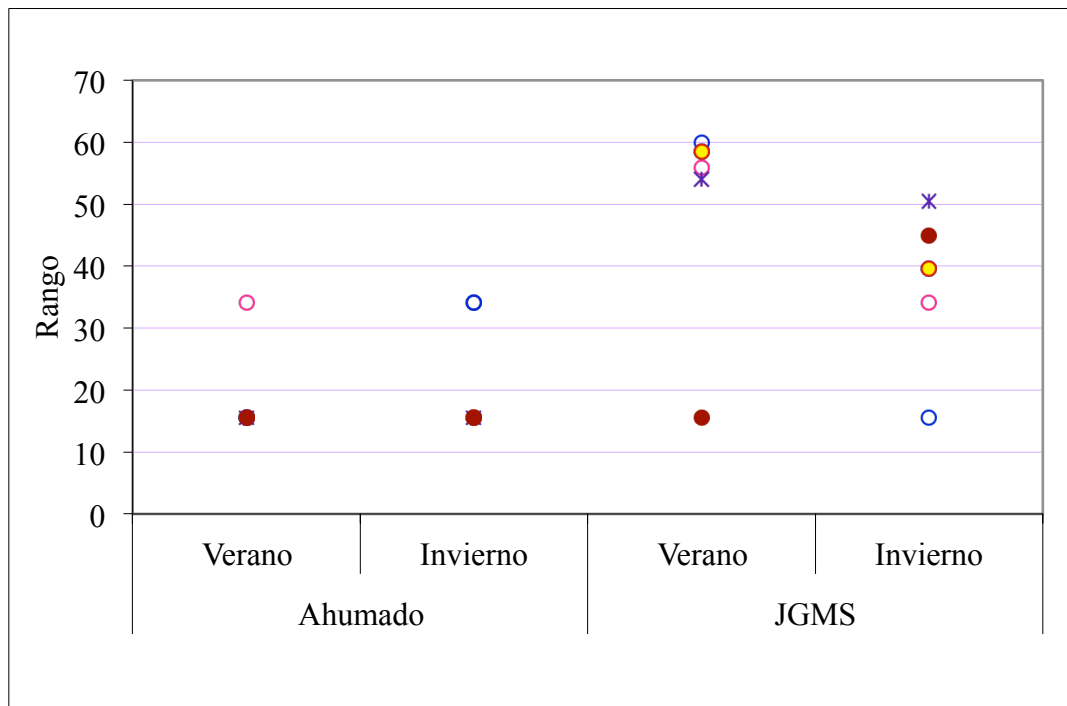
Cuadro 4. Índices de Simpson de cada playa.

Playa	Índice de Simpson
Juan Gaviota Marina del Sur	0.008
El Ahumado	0
Monterrico	0

Cuadro 5. Índices de Similitud de las tres playas.

Playas	Jaccard	Sorensen
JGMS-El Ahumado	0.5	0.666
El Ahumado-Monterrico	0	0
Monterrico-JGMS	0	0

*JGMS: Juan Gaviota Marina del Sur

Figura 13. Datos ranqueados del Ahumado y Juan Gaviota Marina del Sur.

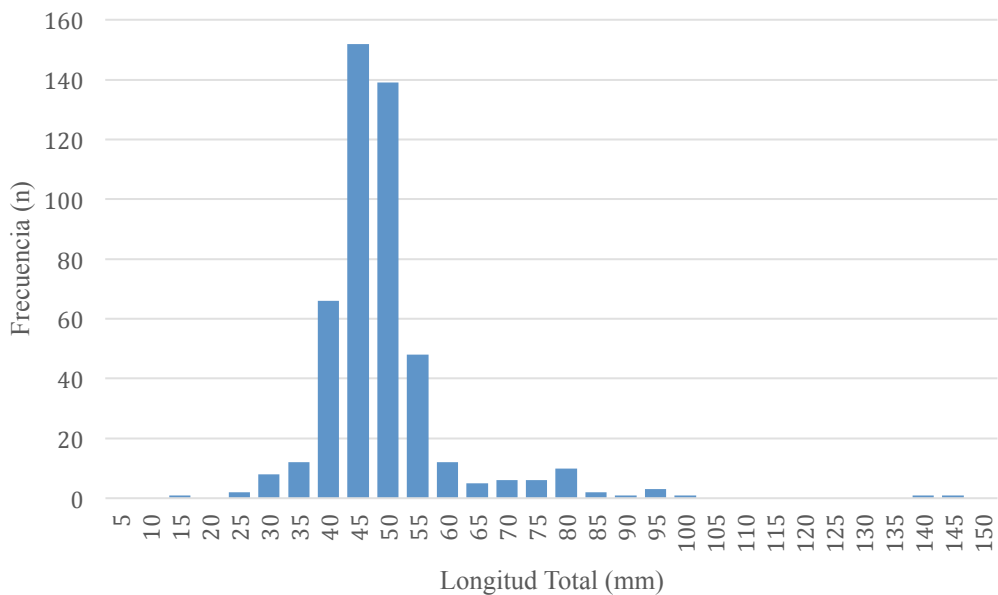
Al realizar el test de Fischer en el ANOVA de dos factores no paramétrico se obtuvo que no existe diferencia entre el lugar y la época y no existe diferencia entre la época lluviosa y seca. Sin embargo si existe diferencia significativa entre la población de los dos lugares (Figura 16) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Prueba de Fischer.

Test de Fischer			$X^2_{0.05,1}$	
Compara el efecto de la interrelación lugar x épocas	Ho1	1.54	3.84	No existe diferencia
Comparando entre los dos Lugares	Ho2	27.31	3.84	Existe diferencia significativa
Comparando entre las dos épocas	Ho3	2.48	3.84	No existe diferencia

Se observa que las galletas de mar de la especie *Mellita quinquesperforata* que fueron recolectadas miden entre 45 y 50 mm de longitud en su mayoría (Figura 14).

Figura 14. Histograma de frecuencia de tallas de *Mellita quinquesperforata* a partir de la longitud total (mm).



IV. DISCUSIÓN

A. Juan Gaviota Marina del Sur

Con los resultados obtenidos se puede ver que la playa con mayor cantidad de especies y mayor abundancia de galletas de mar es Juan Gaviota Marina del Sur. En el segundo viaje de campo se recolectaron 426 galletas de mar en total. Este dato tan elevado pudo haber tenido influencia ya que en la madrugada previo al muestreo hubo tormenta (Cuadro 2). Se debe tomar en cuenta que este viaje de campo coincidió con las mareas lunares bajas.

En Juan Gaviota Marina del Sur se encontraron dos especies a lo largo de los dos viajes de campo realizados en esta ubicación. Las especies fueron *Mellita quinquiesperforata* y *Encope emarginata*. De la segunda especie se encontraron solo dos individuos, uno en cada viaje de campo, ambas muertas. Probablemente esta especie se encuentra a mayor profundidad y las encontradas fueron sacadas por el mar. *Encope emarginata* se encuentra entre los 0 y 50 m de profundidad (Marine Science Institute 2003).

En el segundo muestreo, época seca, en Juan Gaviota Marina del Sur se observó mayor cantidad de galletas de mar. Así mismo se observó individuos de *Mellita quinquiesperforata* de un diseño diferente que no se había observado antes (anexo 6). Las especies encontradas con este diseño fueron únicamente en Juan Gaviota Marina del Sur durante la época seca. Posiblemente es una variedad o una galleta de mar juvenil. Durante este muestreo se observaron una gran cantidad (más de 1000 aproximadamente) de galletas de mar pequeñas, aproximadamente de 1x1 cm (ancho y largo). Estas no se tomaron en cuenta en el estudio, por su tamaño no se podía definir la especie. Por su presencia, consideró que las galletas de mar tuvieron su época de reproducción unas semanas antes. Esto coincide con lo que Tiburcio Blanco, encargado del ecosistema marino en Juan Gaviota Marina del Sur, mencionó: “Se encuentran galletas de mar grandes en Junio”. Indicando que las galletas de mar pequeñas para ese entonces ya crecieron.

B. El Ahumado

Durante los muestreos hechos en la playa de El Ahumado se encontraron en total seis galletas de mar de la misma especie (*Mellita quinquiesperforata*). En el primer muestreo se encontraron dos y en el segundo cuatro. Para el primer muestreo se debe tomar en cuenta que había tráfico de motos, pudiendo destruir galletas de mar en la arena. Según las personas de la comunidad del Ahumado, se observan bastantes galletas de mar en el mes de enero.

C. Monterrico

En la playa de Monterrico no se encontró ninguna galleta de mar. Esta playa físicamente es diferente a las otras dos. Es una playa inclinada, con arena más gruesa y granulada, además el mar es violento. También se observa mucho turismo y motos. Esto es importante porque es posible que el oleaje rompa las galletas de mar, que los turistas se las lleven, o las motos las deshagan. Se cree que no se encontraron por la época (cerca de semana santa y feriados), porque hay mucho tráfico de motos y carros y rompen las galletas, el mismo oleaje rompe las galletas deshaciéndolas. Según los comunitarios las mareas bajas en ocasiones pasan desapercibidas, pues son mareas bajas altas. Tomás Rodríguez, residente de Monterrico, menciona que la playa se ha achiquitado desde la construcción del rompe olas de Puerto Quetzal.

Manuel González, residente de El Garitón, playa cerca de Monterrico y coleccionista de equinodermos, menciona que encuentra galletas y estrellas de mar detrás de donde se forman las olas. Es probable que la inclinación de la playa y el oleaje violento en Monterrico hayan causado adentrarse a las galletas de mar, razón por la cual no se encuentran en la zona muestreada.

D. Análisis estadístico

En general, se recolectaron mayor cantidad de galletas de mar en época seca que en época lluviosa. Sin embargo los datos no son los suficientes para concluir que esto es así. Debido a que se encontraron solo dos especies de galletas de mar el índice de Simpson es prácticamente cero en Juan Gaviota Marina del Sur y cero en El Ahumado y Monterrico, donde se encontró una especie y ni una respectivamente. Respecto a los índices de similitud, solo se pudo comparar la playa de El Ahumado y Juan Gaviota

Marina del Sur, ya que Monterrico no tenía especies. La similitud en las dos playas comparadas fue de un 50% considerando que comparten una especie, la única para El Ahumado, de dos encontradas. Considero que sería necesario muestrear las playas más allá de la zona intermareal para poder encontrar nuevas especies que probablemente se encuentren a mayor profundidad.

Las curvas de acumulación de especies no son necesarias, ya que solo se encontró dos especies en seis muestreos realizados. La población no tiene una distribución normal por lo que se realizó un ANOVA anidado de dos factores no paramétrico. Como pudimos observar la Figura 13 muestra que hay una diferencia significativa únicamente entre las playas de El ahumado y Juan Gaviota Marina del Sur. Este análisis se realizó utilizando solo las dos playas mencionadas ya que las galletas de mar colectadas pertenecían a ellas. Esto se observa tanto en los números de recolección como en el análisis.

E. General

Es importante observar que en Juan Gaviota Marina del Sur, una playa privada, se observa gran cantidad de galletas de mar mientras que en El Ahumado pocas y en Monterrico ni una. La extracción de estos animales para su venta, como mencionó Manuel González es una amenaza evidente, sobre todo en Monterrico. Se debe considerar una campaña tanto para proteger este organismo, como para educar a la población sobre el mismo.

A lo largo de la realización del trabajo, las personas curiosas se acercaban y preguntaban en que consistía la actividad. Al explicarles se hizo notorio que el conocimiento sobre estos animales es poco o nulo. Ni una persona, a parte de los involucrados en la investigación, supo identificar como se llamaba el organismo en cuestión, además de desconocer que eran animales. Existe un vacío de información de estos organismos y durante la investigación se hizo evidente.

Las comunidades de las tres playas se podrían beneficiar de conocer mayor información de las galletas de mar, para su protección y aprovechamiento. Al conocer su distribución y densidad de las poblaciones por épocas, la información podría ser

utilizada como un atractivo turístico, para protección y aprovechamiento. Además se podrían utilizar como indicadores de contaminación.

Debido a limitaciones de presupuesto y tiempo, solo se hicieron seis viajes de campo, dos para cada playa, uno en cada época. Para tener mejores resultados se debe aumentar el número de viajes de campo.

V. CONCLUSIONES

En las playas del Pacífico de Guatemala muestreadas, El Ahumado y Juan Gaviota Marina del Sur se encuentran dos especies de galletas de mar, *Mellita quinquiesperforata* y *Encope emarginata*. Siendo la más común de encontrar *Mellita quinquiesperforata*.

Las playas de El Ahumado y Juan Gaviota Marina del Sur tienen un índice de similitud de 50% según Jaccard y 66% según Sorensen.

Existe una diferencia significativa entre las poblaciones de Juan Gaviota Marina del Sur y El Ahumado de acuerdo al análisis de ANOVA de dos factores no paramétrico realizado.

Existe un vacío de información respecto a las galletas de mar en la comunidad local de las playas El Ahumado, Juan Gaviota Marina del Sur y Monterrico.

VI. RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones de la acidificación del océano y el cambio de poblaciones en las galletas de mar respecto al cambio climático, se recomienda usar la especie *Mellita quinquiesperforata* ya que es más accesible y fácil de encontrar.

Para obtener resultados más robustos se recomienda hacer muestreos en las mismas fases lunares, además de muestrear todos los meses del año todas las playas seleccionadas.

Se recomienda hacer el muestreo en mareas lunares, las galletas de mar son más accesibles por las bajas mareas.

Se recomienda muestrear en junio en Juan Gaviota Marina del Sur, ya que las galletas de mar son de mayor tamaño.

Evitar muestrear en fechas de feriado en Monterrico, aumenta el turismo y se vuelve difícil muestrear y encontrar galletas de mar.

Para tener un estudio más completo se recomienda tomar factores complementario como: pH, temperatura, sedimentos, inclinación, biomasa de algas y corrientes.

Por falta de recursos económicos no se realizó un muestreo piloto en cada playa. Sin embargo se recomienda realizarlo.

VII. LITERATURA CITADA

- Alvarado, J. 2011. *Echinoderm biodiversity in the Caribbean Sea*. Marine Biodiversity 41: 261-285.
- American Museum of Natural History. 2008. *Ocean: the worlds last wilderness revealed*. 2da edición. DK Publishing, New York. 512 pp.
- Anónimo. *Elaboración del estudio técnico, propuesta de ley y ficha informativa Ramsar del área de conservación Las lisas-La Barrona*. s.f.
- Anónimo. 2000. *Ficha Paraíso La Barrona*. Guatemala.
- Badii, M.; J. Landeros y E. Cerna. 2008. *Patrones de asociación de especies y sustentabilidad*. Daena: International Journal of Good Conscience 3(1): 632-660.
- Barreiro, A.; D. Hotza; L. Porto; C. Rambo. 2010. *Sand dollar skeleton as templates for bacterial cellulose coating and apatite precipitation*. J. Mater. Sci. 45: 5252-5256.
- Blanco , T. 2017. Entrevista Oral respecto a galletas de mar. Juan Gaviota Marina del Sur, Escuintla.
- Burke, R. 1980. *Podial sensory receptor and the induction of metamorphosis in Echinoids*. Journal of experimental marine biology and ecology 47(3): 223-234.
- Borrero, G., M. Benavides y C. Díaz. 2012. *Equinodermos del Caribe colombiano II: Echinoidea y Holothuroidea*. Serie de publicaciones especiales de Invemar No. 30. Santa Marta, 250 p.

- Castillo, F; Davila, V.; Morales, A.; García, A. 2012. *Actualización del plan maestro de la reserva de usos múltiples de Monterrico: el levantamiento detallado de la vegetación y cartografía botánica.*
- Caso, E. 1977. *Los equinoideos del Pacífico de México parte tercera-orden clypeasteroidea.* UNAM.
- Charteris, M. 2013. *Caribbean Reef Life of the Bay Islands, Honduras.* 2da edición.
- CONAP y MARN. 2009. *Biodiversidad Marina de Guatemala: Análisis de Vacíos y Estrategias para su Conservación.* Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, The Nature Conservancy. Guatemala. 152 pp.
- Corrales, M. y Sibaja, A. 2015. *Macrofauna bentónica de las playas de arena del área de conservación Osa, Puntarena, Pacífico sur de Costa Rica.* Rev.Biol.Trop. (63): 273-285 pp.
- Dupont, S.; Thorndyke, M., Ortega-Martínez, O. 2010. *Impact of near-future ocean acidification on echinoderms.* Ecotoxicology.
- Durham, J. 1978. *Polymorphism in the Pliocene sand dollar Merriamaster (Echinodea).* Journal of paleontology 52(2):275-286 .
- Fischer, W.; Krupp, F.; Schneider, W.; Sommer, C.; Carpenter, K.E.; Niem, V. 1995. *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca: Paífico centro-oriental plantas e invertebrados.* Vol.1. 646 pp.
- Francisco, V. y Pauls, S.M. 2008. *Especies del orden Clypeasteroia (Echinoidermata: Echinoidea) de las costas de Venezuela.* Rev. Bio. Trop. 56: 215-228.

- Fox, R. 2007. *Anatomía de invertebrados online*. Lander University. Extraído [30/03/16] de:
<http://lanwebs.lander.edu/faculty/rsfox/invertebrates/mellita.html>
- Gonzalez-Bernat, M.; Lamare, M.; Uthicke, S.; Byrne, M. 2013. *Fertilization, embryogenesis, and larval development in the tropical intertidal sand dollar *Arachnoides placenta* in response to reduced seawater pH*. Mar. Biol. 160: 1927-1941.
- González, M. 2017. Entrevista Oral respecto a galletas de mar. El Garitón, Santa Rosa.
- Google. 2016. Google maps Juan Gaviota Marina del Sur. Extraído de [15/04/16]:
<https://www.google.com.gt/maps/place/Juan+Gaviota+Marina+del+Sur/data=!4m2!3m1!1s0x8588c09dd7ed1de9:0x448a084bf31ee171?sa=X&ved=0ahUKEwj2-uio8JvMAhXEWx4KHax1CqoQ8gEIMjAD>
- Guilherme, P.; M. Brustolin; M. Bueno. 2015. *Distribution patterns of ecosymbiont crabs and their sand dollar hosts in a subtropical estuarine sandflat*. Rev. Biol. Trop. 63(2): 209-220.
- Guisande, S. 2006. *Tratamiento de datos*. Ediciones Díaz de Santos, España. 376 pp.
- Hastenrath, S. y Polzin, D. 2013. *Climatic variations in Central America and the Caribbean*. Int. J. Climatol. 33: 138-1356.
- Herrero-Pérezrul, M.; Reyes-Bonilla, H.; Gonzáles, A.; Cintra-Buenrostro, C. y Rojas-Sierra, A. *Aspectos bioecológicos: Equinodermos cap 12*. 340-361 pp. s.f.

Honey-Escandón, M.; Solís-Marín, F. y A. Laguarda-Figuera. 2008. *Equinodermos (Echinodermata) del pacífico Mexicano*. Rev. Biol. Trop. 56: 57-73.

Ixquiac, M. Febrero 2016. Galletas de mar en playa Monterrico. Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala, C.A. email: manuelixquiac@yahoo.com. Cel: (502) 5979-3378.

Juan Gaviota Marina del Sur. 2016. Extraído [14/04/16] de:
<http://marinadelsur.com/node/5>

Karleskint, G.; Tuner, R.; Small, J. 2012. *Introduction to marine biology*. 4ta edición. Cengage learning, Estados Unidos. 576 pp.

Marine Science Institute. 2003. *Contributions in marine science*. Vol. 36 The University of Texas.

Marshall Cavendish Corporation. 2004. *Encyclopedia of the aquatic world*. Volumen 9. Marshall Cavendish . 1582 pp.

Marshall, J. y W. Williams. 1985. *Zoología: invertebrados*. 7ma. Edición. Editorial Reverte, Barcelona. 950 pp.

Miller, K. y J. Levine. 2004. *Biología*. Prentice Hall, Boston. 1128 pp.

Mooi, R. y D. Peterson. 2000. *A new species of Leodia (Clypeasteoidea: Echinoidea) from the neogene of Venezuela and its importance in the phylogeny of mellita sand dollars*. J. Paleont. 74 (6): 1083-1092.

Morris, R.; D. Abbot, E. Hardelie. 1980. *Intertidal invertebrates of California*. Stanford University Press.

- NOAA. 2013. *State of the science fact sheet: ocean acidification*. National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Olivares-Bañuelos, T.; S. Figueroa-Flores; E. Carpizo-Ituarte. 2012. *Índice gonadal y desarrollo larvario de la galleta de mar *Dendraster excentricus* (Echinodermata; Echinoidea) en Baja California, México*. Ciencias Marinas 38(2): 411-425.
- O'Connor, M.; Bruno, J.; Gaines, S.; Halpern, D.; Lester, S.; Kinlan, B. 2007. *Temperature control of larval dispersal and the implications for marine ecology, evolution, and conservation*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 104: 1266-1271.
- O'Neill, P. 1978. *Hydrodynamic analysis of feeding in sand dollars*. Oecología 34(2): 157-174.
- Pereira, R. 2011. *Fossil sand dollars (Echinoidea: Clypeasteroidea) from the southern Brazilian coast*. Rev. bras. paleontol. 14(3): 201-214.
- Pawson, D.L. 2007. *Phylum Echinodermata*. Zootaxa, 1668: 749-764.
- Rodríguez, T. 2017. Entrevista Oral respecto a galletas de mar. Monterrico, Santa Rosa.
- Solís-Marín, F. y Alvarado, J. 2009. *Echinoderm (Echinodermata) diversity in the Pacific coast of Central America*. Marine Biodiversity 40: 45-56.
- Villalobos, C., Grunbaum, D., Chan, K. 2012. *Impacts of ocean acidification on the sand dollar, *Dendraster excentricus* fertilization success and early development*. 10 pp.

Villareal, H.; Álvarez, S.; Córdoba, F.; Escobar, G.; Fagua, F.; Gast, H.; Mendoza, M.; Umaña, M. 2004. *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humbolt. Bogotá, Colombia. 236 pp.

Yeo, S.; Keesing, J.; Van Keulen, M. 2013. *Seasonal and diel variation in movement rhythms of sand dollar, *Peronella leuseuri* (Valeciennes 1841), in Cockburn Sound, Western Australia*. Mar. Biol. 160: 277-284.

VIII. REFERENCIAS

- Alvarado, J.; Zeledón, L.; Boyd, R. 2006. *Nota de los equinodermos fósiles de Costa Rica*. Rev.Biol.Trop. 54: 287-299.
- García, L. 2012. *Efecto de la acidificación del medio en el desarrollo ontogénico de la galleta de mar Dendraster excentricus*. Trabajo de graduación, Universidad Autónoma de Baja California.
- Gobierno de Guatemala. 2012. *Área de usos múltiples de Monterrico*. 23 pp.
- Martínez, S. y R. 2005. Mooi. *Extinct and extant sand dollars (Clypeasteroidea: Echinoidea) from Uruguay*. Rev. Biol. Trop. 53: 1-7.
- Ríos-Jara, E.; Galván-Villa, C.; Rodríguez-Zaragoza, F.; López-Uriarte, E.; Bastida-Izaguirre, D. y Solís-Marín, F. 2013. *Los equinodermos (Echinodermata) de Bahía Chamela, Jalisco, México*. Revista Mexicana de Biodiversidad 84: 263-279.
- Sandino, O. 2013. *Determinación de la diversidad de equinodermos (Echinodermata) en aguas someras de Corn Island, Nicaragua*. Trabajo de graduación. UNAN, Nicaragua.
- Solís-Marín, F.; Laguarda-Figueras, A.; Durán, A.; Gust, C. y J. Torres. 2005. *Equinodermos (Echinodermata) del Golfo California, México*. Rev.Biol.Trop. 53: 123-137.
- Solís-Marín, F.; Laguarda-Figueras, A.; Durán, A.; Vásquez-Bader, A. y Gracia, A. 2012. *Biodiversidad de los equinodermos (Echinodermata) del mar profundo Mexicano*. UNAM. 115-153 pp.

Solís-Marín, F.; Laguarda-Fgueras, A.; Herrero-Pé+rezrul, M.; Arizpe-Covarrubias, O. Y H. Reyes-Bonilla. 1997. *Sistemática y distribución de los equinodermos de la bahía de la paz*. Ciencias Marinas. 23(2): 249-263.

Warren, A. 2013. *The anatomy of aging in man and animals*. Heinemann medical books, Estados Unidos. 270 pp.

IX. ANEXOS

ANEXO 1. Carta que extenta la investigación de pasar por revisión de parte del CEUCA-UVG.



**Comité de Ética, Uso y Cuidado animal de la
Universidad del Valle de Guatemala**

CEUCA - UVG

Facultad de Ciencias y Humanidades - Escuela de Biología.

Tesista: Mariela Toriello

E-Mail: marielatm9@gmail.com

Guatemala, 20 de abril 2016

A quien interese,

Los estudios que incluyen observaciones comportamentales de los animales están exentos de revisión por parte del CEUCA – UVG si TODO lo siguiente aplica:

- No hay interacción directa y/o procedimiento invasivo con los animales que se observan,
- No hay manipulación del medio ambiente donde se encuentran los animales,
- Todas las leyes y/o regulaciones nacionales necesarias para el estudio particular se cumplen.

Por este medio se hace constar que el protocolo de tesis titulado: **Determinación de especies de galletas de mar (Echinodermata: Clypeasteroidea) presentes en la zona intermareal en las playas de El Ahumado, Monterrico y Juan Gaviota Marina del Sur del océano Pacífico de Guatemala**, que ha sido sometido por la estudiante Mariela Toriello queda exento revisión por parte del CEUCA – UVG.

Sin otro particular,

MV Vanessa Granados B

Médico Veterinario

Colegiado 997

CEUCA - UVG

Comité de Ética, Uso y Cuidado Animal

Universidad del Valle de Guatemala.



ANEXO 2. Formulario de recolección de datos de galletas de mar.

Lugar:

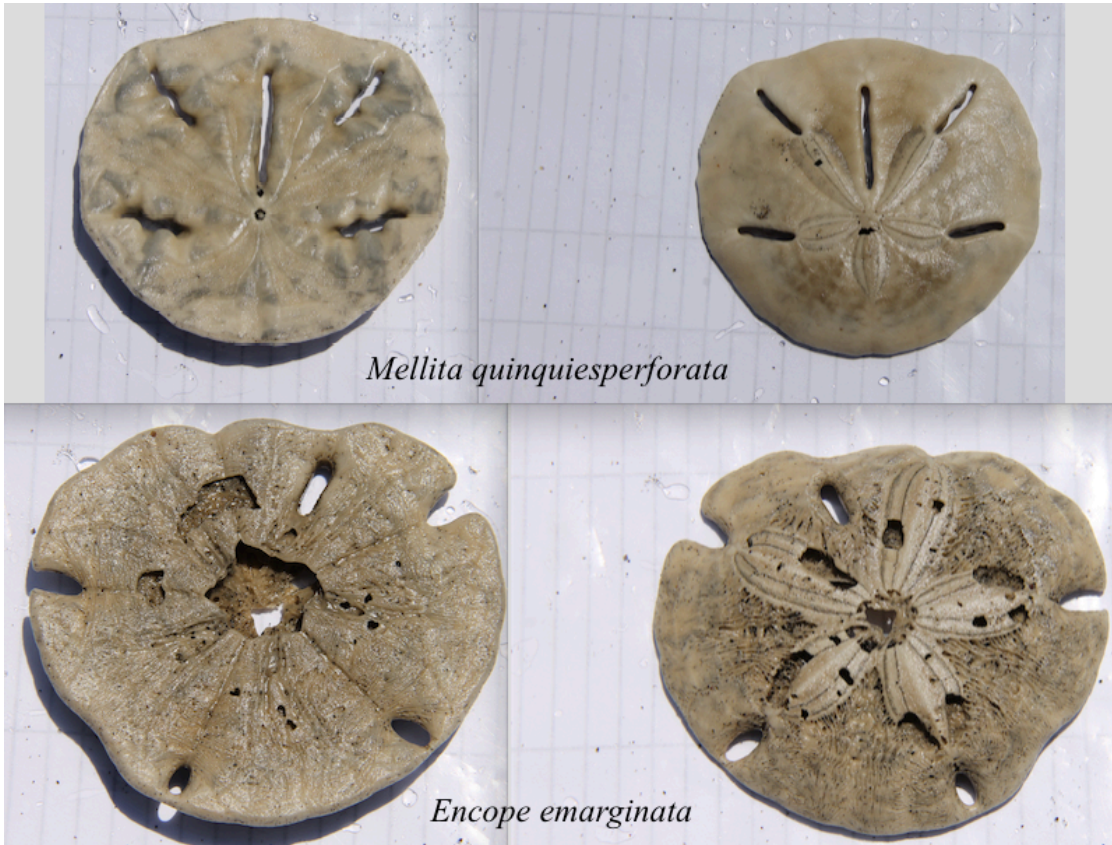
Fecha y hora (muestreo):

No. Galleta	Especie	No. Transecto	No. Cuadrato	Calcificada	Ancho/Largo
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					

ANEXO 3. Formulario de recolección, coordenadas de los transectos en formato latitud y longitud.

No. Transecto	Coordenada inicial	Coordenada final
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

ANEXO 4. Fotografías de las especies encontradas en los muestreos.



ANEXO 5. Clave dicotómica de galletas de mar para la zona intermareal de las playas de Juan Gaviota Marina el Sur, El Ahumado y Monterrico.

- 1a. Cuerpo hemi-esférico con simetría radial. Poros no están concentrados en los pétalos. Espinas largas.....Echinoideos regulares (No es galleta de mar).
- 1b. Cuerpo ovalado y/ o aplastado. Simetría bilateral. Los poros se concentran en los pétalos. Sus espinas son pequeñas o parecidas a pelos.....Echinoideos irregulares (2).
- 2a. Cuerpo circular y apachado. Pétalos al centro del cuerpo. Lúnulas a las orillas del organismo (podría no tener).....galletas de mar (3).
- 2b. Cuerpo grande, ovalado e inflado. Los pétalos levantados del resto de la superficie. Espinas gruesas cafes. Ausencia de lúnulas.....Otras especies.
- 3a. Tiene 5 lúnulas presentes; 4 lúnulas ambulacrales y 1 interambulacral más larga que las demás. Tiene 5 pétalos.....*Mellita quinquiesperforata*.
- 3b. Tiene 5 lúnulas marginales que quedan en línea con cada ambulacro (abiertas en juveniles y cerradas en adultos). Las lúnulas presentes en los ambulacros posteriores son más largas que las demás. Una sexta lúnula corta presente en el interambulacro posterior, esta se encuentra en una región media-anterior. Posee 5 pétalos desiguales.....*Encope emarginata*.

ANEXO 6. *Mellita quinquiesperforata*



ANEXO 7. Carta AVAL Juan Gaviota Marina del Sur



Guatemala 24 de Octubre de 2016

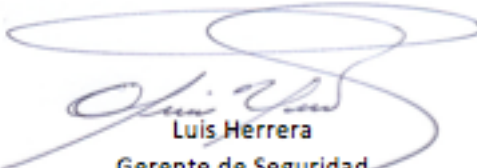
A quien interese:

Reciba un cordial saludo deseándole toda clase de éxitos en sus actividades diarias. Por este medio Juan Gaviota Marina del Sur AVALA que la estudiante Mariela Toriello Mirón de la Universidad del Valle de Guatemala realice la siguiente investigación en sus playas:

Determinación de especies de galletas de mar (Echinodermata: Clypeasteroidea) presentes en la zona intermareal en las playas de El Ahumado, Monterrico y Juan Gaviota Marina del Sur del Océano Pacífico de Guatemala a realizarse por la estudiante Mariela Toriello y asistentes de campo, estudiantes del Departamento de Biología: Lucía Aragón, Ninoshka López y Ma. Fernanda Sandoval

Con esta investigación se busca realizar el trabajo de graduación de dicha estudiante. Por tal motivo solicitamos atentamente se pueda iniciar trámite de permisos de colecta ante el CONAP.

Atentamente,



Luis Herrera
Gerente de Seguridad
Flora y Fauna de Marina del Sur

ANEXO 8. Licencia de colecta

**CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS (CONAP)
GUATEMALA, C.A.**

Serie **A** N° **003300**

LICENCIA DE COLECTA O APROVECHAMIENTO DE VIDA SILVESTRE

1. Nombre o razón social: Manela Torallo Mirón
 Dirección: Km. 23.15 Carretera a Frajanes Las Cabezas del Tiro
 Teléfono: 40837194 Identificación: DPI 2298 94817 010*

2. Tipo de colecta: comercial _____ científica XXX aficionada _____

3. No. de registro: I-DVS-RM-014-2016

4. Especies a coleccionar:

ESPECIES	CANTIDAD	FORMA
Gelatinas de mar	100	Capturadas vivas/liberadas
(Equinodermata: Ctenophorales)	20	Capturadas muertas/sección
	UR	

5. Ubicación de la colecta o aprovechamiento: Puerto de San José, Escuintla y Chiquimula y Teseo, Santa Rosa

6. Número de registro de la propiedad: _____

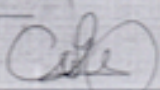

7. Técnicas de colecta autorizadas: Ad Livitum

8. Nombre de colector(es) autorizado(s) e identificación: _____
Lucile Aragón (2149296810101) María Fernanda Sandoval (2313485300101)
Ninoska López (2539354150101)

9. Localidad de traspaso de material coleccionado: _____
Colecciones biológicas vivas y Juan Gustavo Martínez del Sur

Lugar y fecha de emisión: Guatemala, 21 de Diciembre del 2016

Válido hasta: Guatemala, 21 de Diciembre del 2017

(1)  

ANEXO 9. Licencia de investigación

Forma LI


CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS
CONAP
 PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA
 GUATEMALA, C.A.

N° 00479 -B

LICENCIA DE INVESTIGACION

No. 063/2016

Nombre: Marcela Toriello Mirón No. Reg. IOVS-RM-014-2016
 Nacionalidad: Guatemalteca Identificación: DPI: 2296 94817 0101
 Institución: Universidad del Valle de Guatemala
 Si existe contrato administrativo que ampara esta Licencia, especificar referencia: _____

Título de la Investigación: "Determinación de especies de galietas de mar (Echinodermata: Cypelleroides)
Presentes en la zona intermareal en las playas El Ahumado, Montecito, Juan Gayota del Sur del Océano
Pacífico de Guatemala"

Institución nacional que evalúa la investigación: Universidad del Valle de Guatemala

Nombre e identificación de otros investigadores participantes:

1. Lucía Aragón (2140896810101) María Fernanda Sandoval (2313465300101)

2. Ninoshka López (2539354150101)


3. _____

4. _____

5. _____

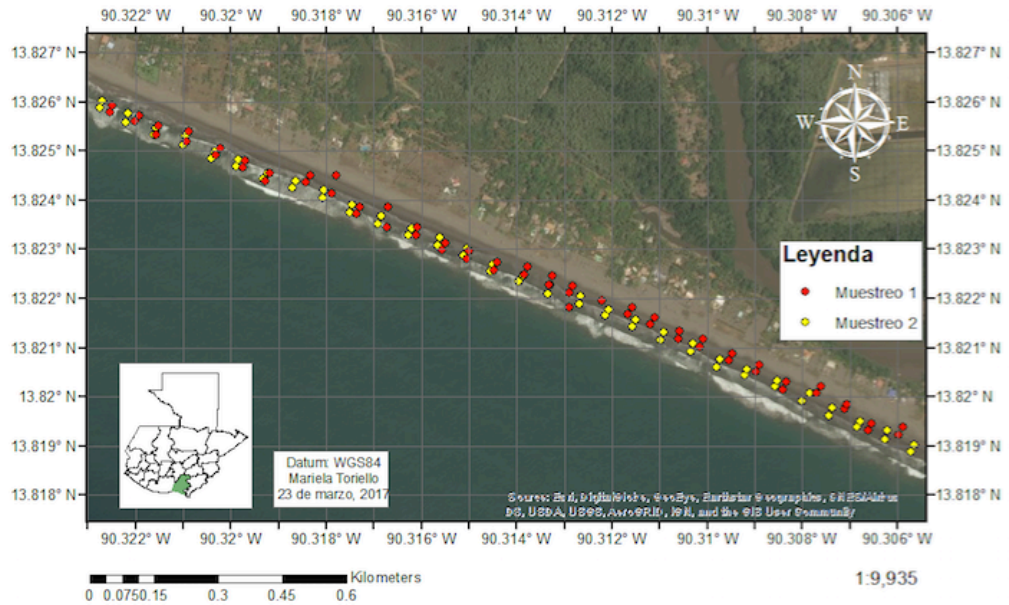
Fecha de Emisión: Guatemala, 21 de Diciembre del 2.016
 Fecha de Vencimiento: Guatemala, 21 de Diciembre del 2.017


 Firma Secretario Ejecutivo o Delegado de CONAP


 VCA
 SEVESTRE

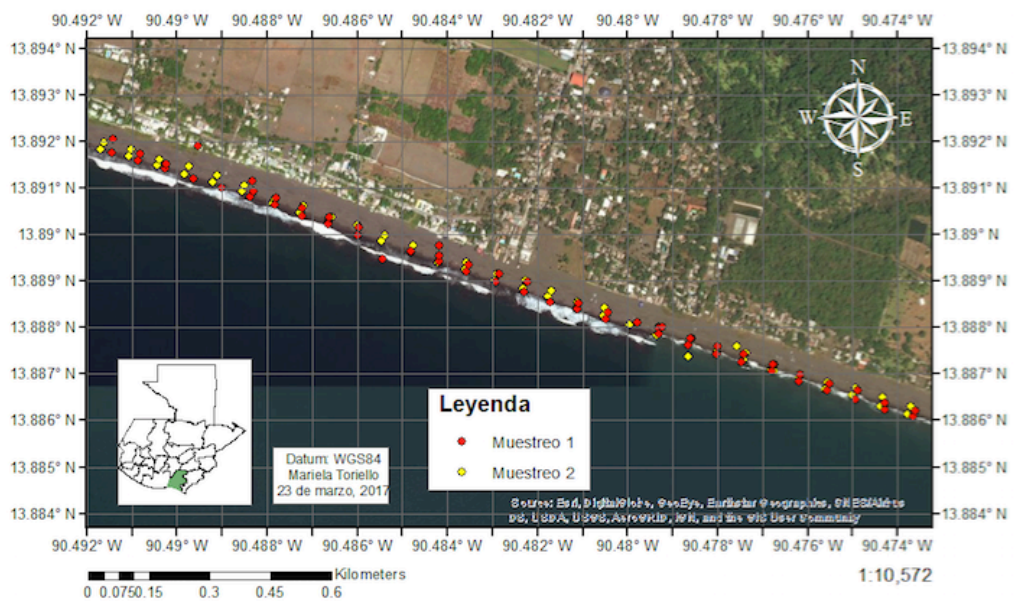

 Firma de Recibido

ANEXO 10. Puntos de inicio y final de transectos a lo largo de 2 Km de playa en El Ahumado, Santa Rosa, Guatemala.



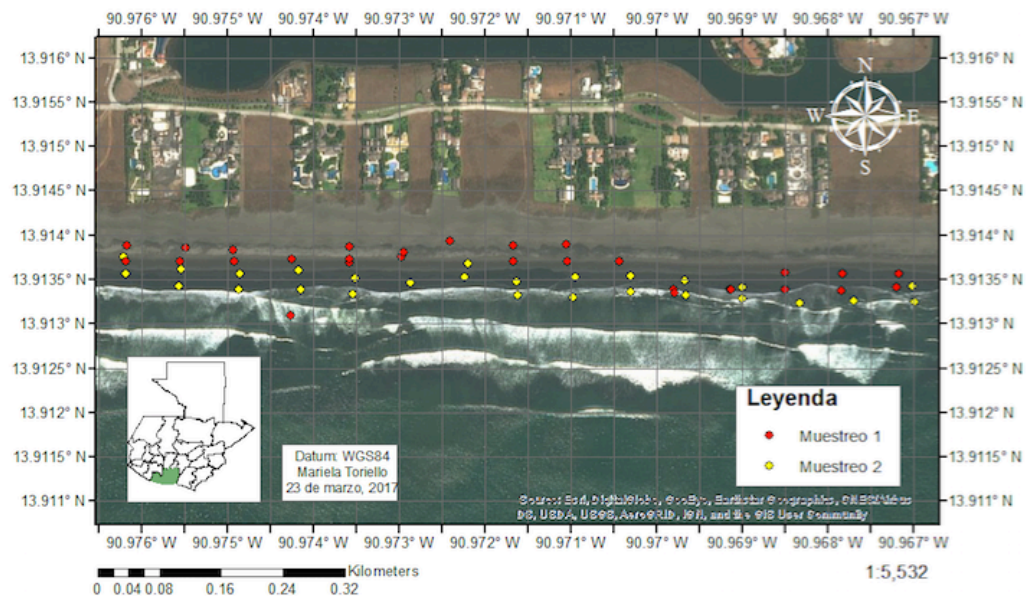
Por: Mariela Toriello.

ANEXO 11. Puntos de inicio y final de transectos a lo largo de 2 Km de playa en Monterrico, Santa Rosa, Guatemala.



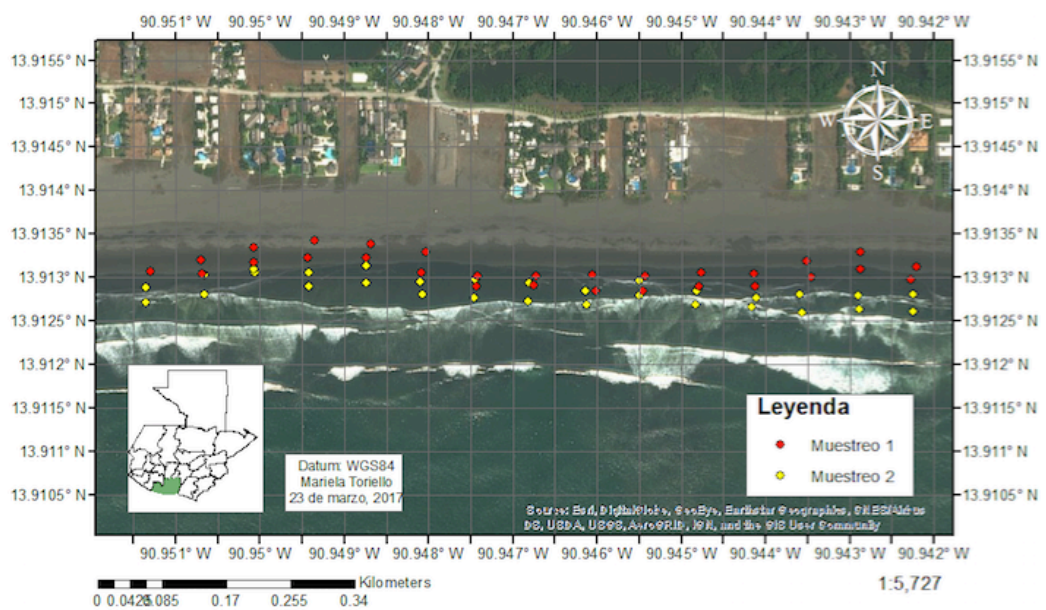
Por: Mariela Toriello.

ANEXO 12. Puntos de inicio y final de transectos a lo largo de 1 Km de playa en Juan Gaviota Marina del Sur, Escuintla, Guatemala.



Por: Mariela Toriello.

ANEXO 13. Puntos de inicio y final de transectos a lo largo de 1 Km de playa en Juan Gaviota Marina del Sur, Escuintla, Guatemala.



Por: Mariela Toriello.

Anexo 14. Constancia de ingreso de galletas de mar a Colecciones UVG.

Guatemala, 29 de mayo de 2017

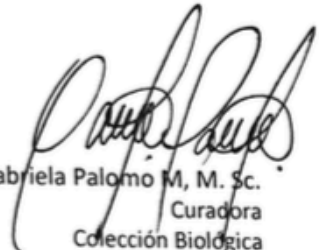
Srita. Mariela Toriello

Confirmando que el lunes 24 de abril del año 2017 recibí 11 galletas de mar procedentes de Santa Rosa, Chiquimulilla y de Escuintla, Puerto de San José, de las especies *Mellita quinquiesperforata* (11) y *Encope emarginata* (1). Estos especímenes fueron colectados bajo las licencias de colecta A-003300 (21/12/16), y de investigación B-479 (21/12/16) a nombre de Mariela Toriello Mirón. Estos equinodermos fueron colectados como parte del trabajo de tesis titulado Determinación de especies de galletas de mar (Echinodermata: Clypeasteroidea) presentes en la zona intermareal en las playas de El Ahumado, Monterrico, y Juan Gaviota Marina del Sur, del Océano Pacífico de Guatemala.

Dichos especímenes fueron entregados en recipientes con etanol al 90% a la Colección de Invertebrados del Departamento de Biología de la Universidad del Valle. Además, entregó copia de las licencias de colecta e investigación, así como una copia digital de los especímenes y su información de colecta.

Sin otro particular, me despido atentamente




M Gabriela Palomo M, M. Sc.
Curadora
Colección Biológica
Departamento de Biología
Universidad del Valle de Guatemala