



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA**

**“ANÁLISIS ESPACIAL COMPARATIVO DE LA POBLACIÓN DE
ERIZOS DE MAR *ECHINOMETRA VANBRUNTI* ASOCIADOS AL
INTERMAREAL ROCOSO DE SAN LORENZO— SANTA ELENA,
ECUADOR, ENTRE LOS PERIODOS DE DICIEMBRE, 2019 – ENERO,
2020 Y JUNIO - JULIO 2022.”**

TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR

Previo a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

AUTOR:

MICHAEL RAFAEL REYES MARCILLO

TUTOR Y COTUTOR

BLGA. MARÍA HERMINIA CORNEJO RODRÍGUEZ, PH. D

DR. FRANCISCO JAVIER RUIZ SÁNCHEZ PDI

LA LIBERTAD – ECUADOR

2022-1

DEDICATORIA

A mis padres, por todo el cariño que han puesto en mí, su apoyo incondicional, contribución económica y ayudarme a levantar cada vez que quería abandonar mis metas. Porque sin ellos nada de esto hubiera sido posible.

A mi niño interior, por cumplir sus sueños, y demostrarme que con esfuerzo puedes lograr todo lo que te propongas.

El mundo es tan grande que te ofrece la libertad y la posibilidad de escoger tu propia vida, y si coges por meta un sueño interminable no renuncies jamás, ve hacia la meta que creas que debes ir. — (Gol. D. Roger) - Eichiro Oda

AGRADECIMIENTO

A las autoridades y personal Académico de la Universidad Estatal Península de Santa Elena por liderar el proceso de formación profesional.

En particular a la Blga. Cornejo Rodríguez María Herminia, Ph. D tutora de tesis porque con sus ideas científicas profesionales oriento nuestro trabajo, por su ayuda económica, permitirme adquirir mayor conocimiento y darme ese impulso para afrontar cada problema.

Al Dr. Francisco Javier Ruiz Sánchez PDI por aportar con sus ideas científicas profesionales, y corregirme siempre que fuera necesario.

Al Blgo. Raúl Cuatrecasas por apoyarme con sus ideas, conocimientos, y por mostrarme los diferentes caminos de la biología.

Al personal de la biblioteca de ciencias del mar por tenerme la paciencia y ayudarme a encontrar la bibliografía utilizada en el presente documento.

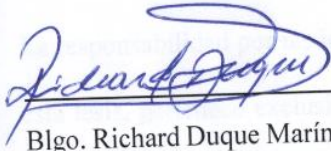
A la escuela de formación ArcGis, por instruirme con el conocimiento de software e impulsarme con ideas emprendedoras.

A mis padres, por entregarme la herramienta más valiosa que es el conocimiento, por permitir equivocarme más de una vez hasta encontrar mi camino y por creer en mí en todo momento.

Al personal de mantenimiento de la UPSE en especial a Víctor Basilio Tigrero y a Arturo Chancay, por mostrarme como usar los materiales necesarios para realizar este trabajo y contribuir con ideas prácticas de materiales que utilice en el campo. También quiero agradecer a todas esas personas que me negaron su ayuda porque gracias a ellos, lo hice yo mismo.

Por último y no menos importante, quiero agradecerme, por creer en mí, por trabajar duro y no tener días libres.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Blgo. Richard Duque Marín, Mgtr.

Decano

Facultad de Ciencias del Mar



Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.

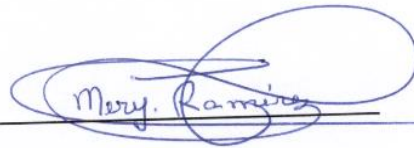
Director

Carrera de Biología



Blga. Ma. Herminia Cornejo, Ph. D.

Docente Tutor



Q.F Mery Ramírez Muñoz, Mgt.

Docente de Área



Abg. Víctor Coronel Ortiz, M. Sc.

Secretario General-Procurador

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por las ideas hechas, investigaciones y resultados expuestos en esta tesis, pertenece exclusivamente al autor Michael Rafael Reyes Marcillo y al patrimonio intelectual de la misma, y a la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE)



Michael Rafael Reyes Marcillo

C.I.:1717704652

GLOSARIO Y SIMBOLOGÍA

Definiciones tomadas de (Caso, 1961; Cintra-Buenrostro, 1997; Servicio de Parques Nacionales, 2001; Mite & Gonzabay, 2009; Miloslavich & Carbonini, 2010; Borrero et al., 2012; Martínez, 2012; Quinn & Benito, 2013; Soriano, 2014)

Aboral: Opuesto a la boca

Abundancia: Número de individuos que presenta una comunidad por unidad de superficie o volumen (densidad poblacional).

Abundancia: número de individuos que presentan una comunidad por unidad de superficie o de volumen (densidad de la población)

Ambitus: Línea imaginaria que delimita la circunferencia de un erizo de mar.

Bajamar: nivel mínimo alcanzado por una marea vaciante, se produce cerca de los momentos en que hay cuartos creciente y menguante.

Ambulacral: Secciones que contienen los pies ambulacrales.

Aparato apical: Constituido principalmente por placas primarias dispuestas de la siguiente manera: una placa centro-dorsal, cinco placas radiales y cinco placas interranciales, constituyendo el esqueleto primario.

Ápice: parte más alta de la testa.

Bentónico: Que habita en los sustratos del fondo de ambientes acuáticos.

Bío erosión: colapso de material del esqueleto al ser perforado por otro organismo

Biomasa: Peso total de todos los organismos vivientes o algún grupo designado de organismos.

Cuadrante: unidad de muestreo en dos dimensiones, cuadrada o rectangular dentro de la cual se cuentan o miden organismos; también se le llama al armazón que marca esta área.

Distal: Término opuesto a proximal, alejado de la parte central del disco.

Densidad: En relación con una población, número de individuos por unidad de superficie o volumen.

Distribución: Extensión geográfica de una población u otra unidad ecológica.

Especie: categoría más baja en la clasificación animal; se asigna a grupos de poblaciones que se reproducen entre sí, y están, desde el punto de vista reproductivo, aislado de otros grupos.

Espícula: con forma de aguja de constitución calcárea.

Espinas: Apéndices calcáreos más o menos alargados de la superficie del cuerpo, bien sean fijos directamente a la placa subyacente, bien articulados sobre un tubérculo diferenciado.

Foto-cuadrante: Un cuadrante que es fotografiado con el propósito de medir o monitorear.

Hábitat: Ambiente en el cual vive un organismo.

Gránulos: Granos de calcita, pequeños y de forma variable, dispuestos en la superficie de algunas placas.

Gónadas: órganos reproductores de los animales que producen gametos.

Gonoducto: Orificios en el caparazón del erizo utilizados para la expulsión de sus gametos

Gametos: son las células sexuales de machos y hembras.

Geo estadística: estudio estadístico de fenómenos naturales que se distribuyen de forma continua en el espacio o el tiempo y que describe la autocorrelación espacial entre datos muestreados y la usa en varios tipos de modelos espaciales.

In-situ: termino en latín que significa “en posición normal o natural”

Inter ambulacro: Región entre dos áreas ambulacrales en equinoideos. No contiene pies ambulacrales.

Intermareal: Franja costera donde se produce la interfase agua-tierra y que está sometida a los efectos de las mareas.

Linterna de Aristóteles: Aparato masticador altamente especializado compuesto por dientes.

Macroalga: Alga que se extiende a más de un centímetro sobre el sustrato.

Marea: Oscilación periódica del mar que resulta de la atracción gravitacional de la Luna y del Sol que actúa sobre la Tierra en rotación. ‘

Muestreo: Conjunto de operaciones que se efectúan para estudiar la distribución de determinados caracteres o variables en la totalidad de una población o ambiente mediante el estudio de una parte del sistema. Esta fracción recibe el nombre de muestra.

Oral: Ventral

Oscículo: Cada unidad calcárea que compone el endoesqueleto a excepción de los ornamentos superficiales, los cuales reciben nombres específicos (espinas, espínulas, espineletas, gránulos, tubérculos o pedicelarios).

Pedicelarios: Órganos peculiares, frecuentemente de estructura complicada, en ocasiones provistos de glándulas venenosas. En su forma más simple solo son espinas, pero hay tipos más complejos como: los pedicelarios alveolares o excavados (presentan valvas angostas, dentadas y unidas en surcos profundos); Pedicelarios cruzados (tienen dos valvas que se mueven en una unión basal); Pedicelarios pectinados (formados por dos series de espinas opuestas una a la otra); Pedicelarios valvados (con una o varias valvas insertadas en una depresión dentro de alguna placa).

Peristoma: Área membranosa situada alrededor de la boca.

Pies ambulacrales: Cilíndricos musculosos, huecos, de pared delgada, con una ventosa en la punta, utilizado para la locomoción en los equinodermos.

Placas ambulacrales: Oscículos internos pareados presentes en los brazos.

Pleamar: Nivel máximo alcanzado por una marea creciente. Se produce cerca de los momentos en que hay la luna llena y luna nueva.

Pares de poros: poros ambulacrales separados por una pared a través de los cuales los pies ambulacrales salen al medio externo

Proximal: Cercano al centro del disco.

Radios: brazos

Transecto: Una línea o banda estrecha utilizada para estudiar las distribuciones de organismos o substratos a través de un área determinada.

Testa: esqueleto en forma de caja o concha, típicamente cubierto por su cara externa por citoplasma o tejido vivo.

Surcos ambulacrales: Área procedente del anillo alrededor de la boca, formando una estrella conspicua de cinco radios en la superficie oral del cuerpo

Sustrato: Lugar que sirve de asiento a una planta o un animal fijo.

ABREVIATURAS

A: Abiótico

Alt. Ola: altura de la ola

B: Biótico

E: único punto del espacio ambiental

E.v: *Echinometra vanbrunti*

G: Cada punto de la retícula geográfica

M: Accesibilidad de dispersión

SDM: Modelado de área de distribución

Temp. Sup. Mar: temperatura superficial del mar

T#E#S#: Transecto #, Estación #, Semana #.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
SUMMARY	ii
INTRODUCCIÓN	iii
PROBLEMÁTICA.....	v
JUSTIFICACIÓN	6
OBJETIVOS	9
Objetivo General	9
Objetivos Específicos.....	9
MARCO TEÓRICO.....	10
Distribución espacial.....	10
Distribución y especie	11
Modelado de distribución de especies.....	12
Dualidad de Hutchinson.....	13
Diagrama de BAM	13
Área de Distribución	15
Patrones estacionales y capacidad de movimiento.....	15
Complejidad del hábitat y patrones de distribución espacial	17
Distribución histórica de <i>E. vanbrunti</i>	21
Cambios en la población de erizos.....	21
La temperatura	23
Reclutamiento de larvas	25
Descripción de la especie	26
Alimentación.....	30

Reproducción	31
MARCO METODOLÓGICO.....	32
Enfoque, método y tipo de investigación.....	32
Descripción del Área de estudio	32
Metodología de campo.....	33
Muestreo de abundancia y distribución de la especie	34
Análisis estadístico.....	37
Distribución espacial.....	37
RESULTADOS y discusiones	39
Descripción de la familia	39
Características taxonómicas	39
Clasificación taxonómica	40
Distribución.....	40
Ecología.....	41
Correlación R de Pearson ($p < 0,05$) para el periodo de diciembre 2019-enero2020	45
Análisis NMDS para el periodo junio-julio 2022	48
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
ANEXOS.....	64
Identificación de la especie	64
Tablas	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de BAM (G=retícula geográfica; M= momento; A=condiciones bióticas; B=condiciones abióticas)	14
Figura 2: Caparazón de erizo de mar <i>Echinometra vanbrunti</i> (vista lateral, sin piel, sin espinas ni pedicelarios) Fuente: Calva, 2003	27
Figura 3: a. <i>Echinometra vanbrunti</i> ; b. espina; Fuente: Brusca, 1981.....	28
Mapa I: Área de estudio, San Lorenzo, Salinas, Fuente: Google Earth, modificado por el autor	33
Figura 5: Ubicación de los transectos en el Intermareal rocoso de San Lorenzo, Santa Elena (T1: Transecto 1; T2: Transecto 2 T3: Transecto 3)	34
Figura 6: Ubicación de los transecto-cuadrantes.	35
Figura 7: Trípode de Campo con sus partes, (conexión T, Codos, Tapas, Tubos PVC, base para GoPro Hero 7)	36
Figura 8: Esquema de la ubicación del cuadrante en el área de estudio: A. cuadrante, B. banderilla y C. trípode.....	37
Figura 9: <i>Echinometra vanbrunti</i> (Agassiz, 1863).....	40
Tabla I: Listado total de algas encontradas en el área de estudio.	42
Tabla II: Listado de invertebrados mareales en el área de estudio.	42
Gráfica 1: Análisis NMDS de Distribución del erizo <i>E. vanbrunti</i> en el intermareal rocoso de San Lorenzo, Salinas, diciembre, 2019-enero 2020	43
Gráfica 3: NMDS para el sustrato del intermareal rocoso de San Lorenzo, Santa Elena, junio-julio 2022.....	48
Tabla III: Ficha de campo de registro de tipos y porcentajes de sustrato, cantidad y tamaño de los erizos	70

Tabla IV: correlación r de Pearson de los <i>E. vanbrunti</i> vs. sustrato en el periodo diciembre 2019, enero 2020.....	71
Tabla V: Correlación r de Pearson de los <i>E. vanbrunti</i> vs. sustrato en el periodo junio-julio 2022.....	72
Figura 10: Modelo de ubicación de los cuadrantes. C1: cuadrante 1, C2: cuadrante 2, C3: cuadrante 3 y C4: cuadrante 4.	74
Figura 11: Delimitación del Área de Estudio en conjunto con la tutora.....	74
Figura 12: Selección de transectos en el área de estudio.	75
Figura 13: Ubicación de transecto 3, vista mar-playa.	75
Figura 14: materiales para delimitación del área	76
Figura 15: Monitoreo por método transecto cuadrante.....	76

RESUMEN

Los estudios sobre equinodermos se han enfocado en su presencia y abundancia sobre comunidades coralinas y hay escasos datos sobre ecología comunitaria o poblacional en intermareales rocosos. Es por ello por lo que, en el presente estudio se presenta un estudio espacial poblacional del erizo de mar *Echinometra vanbrunti* sobre sustrato rocoso mediante foto transectos considerando su presencia, distribución espacial y abundancia, los periodos lunares en bajamar, la temperatura, y comunidades acompañantes. Los erizos se clasificaron en tres rangos de tamaño de 0 a 19,99 mm, de 20 a 39,99 mm, y >40 mm de diámetro de testa, mostrando estar más condicionados por el tipo de sustrato que por las condiciones ambientales, además de preferir las zonas más altas del intermareal, una asociación significativa con las algas epifitas, *Ralfsia* Sp., *Chthamalus anisopoma*, *Acetabularia*, *Fisurella macrotrema* y *Tayuva ketos*. Y por último *Ophiocoma aethiops* demuestra ser una especie que compite por espacio y alimentación con *E. vanbrunti*.

Palabras clave: *Ecología comunitaria, Echinometra vanbrunti, distribución, condición, asociación, competencia.*

SUMMARY

Studies on echinoderms have focused on their presence and abundance on coral communities and there is little data on community or population ecology in rocky intertidal areas. Therefore, this study presents a spatial population study of the sea urchin *Echinometra vanbrunti* on rocky substrate by means of photo transects considering its presence, spatial distribution and abundance, lunar periods at low tide, temperature, and accompanying communities. The urchins were classified in three size ranges from 0 to 19.99 mm, from 20 to 39.99 mm, and >40 mm in testa diameter, showing to be more conditioned by the type of substrate than by environmental conditions, besides preferring the higher intertidal zones, a significant association with epiphytic algae, *Ralfsia* sp., *Chthamalus anisopoma*, *Acetabularia*, *Fisurella macrotrema* and *Tayuva ketos*. And finally, *Ophiocoma aethiops* proves to be a species that competes for space and food with *E. vanbrunti*.

Key words: *Community ecology, Echinometra vanbrunti, distribution, condition, association, competition.*

INTRODUCCIÓN

Las comunidades de la flora y fauna que conforman el intermareal rocoso están expuestas a constantes cambios de las condiciones ambientales a diferente escala, variables como la temperatura, la salinidad, alteración del hábitat, nivel de nutrientes o la desecación, procesos producidos como consecuencia de las mareas, la acción del oleaje y también a aquellos eventos oceanográficos de gran escala como El Niño o La Niña. Estos procesos favorecen o no el asentamiento, el crecimiento, la depredación y la reproducción de los organismos, entre otras relaciones ecológicas, (Paredes, 2010).

En el Intermareal rocoso habitan invertebrados como artrópodos Paguridae, *Grapsus grapsus*, moluscos como *Siphonaria palmata*, *Strigatella tristis* y macroalgas como *Ulva intestinalis*, *U. papenfussii*, *Codium peruvianum*, *Chondracanthus chamissoi*, *Colpomenia sinuosa*. Entre los pertenecientes a la clase Echinodermata registrados en estas zonas se encuentran *Ophiocoma aethiops*, *Heliaster helianthus* y *Echinometra vanbrunti*. Se considera que los erizos marinos como *E. vanbrunti* habitan ante todo; en regiones templadas, asociadas a bosques de algas y en las regiones subtropicales y tropicales, a lechos de algas marinas (Rahman et al., 2007).

Los erizos marinos tienen una dieta principalmente herbívora, son considerados entre los ramoneadores más eficientes en el hábitat bentónico marino al obtener su

alimento raspando el sustrato utilizando su pico córneo (León & Salvador, 2019). Desprenden parte del material donde se asientan algas filamentosas o calcáreas de las que se alimenta; la acción mecánica de este ramoneo provoca la Bío-erosión del medio, pues, fracciona en partículas más pequeñas este material (Toro et al., 2004; Soriano 2014; Obonaga et al., 2017). De esta forma, los erizos modifican el hábitat y constituyen una parte importante de las relaciones tróficas de estas comunidades marinas costeras, lo que a su vez también define su propia estructura comunitaria basada en su distribución y abundancia.

PROBLEMÁTICA

Cuando las especies están limitadas para desplazarse o para responder de manera favorable ante los cambios ambientales, se presenta una disminución del área de distribución hacia aquellos sitios que les resulten prósperos, incrementando su riesgo de extinción. La distribución queda evidenciada cuando se compara la distribución pasada, contra la distribución presente para una especie. Por otro lado, las especies se distribuyen sobre el terreno geográfico, el cual sufre cambios a lo largo del tiempo de mayor o menor magnitud. Estos cambios transforman las características del área de distribución de la especie, particularmente el tamaño (Maciel et al., 2015). El objetivo de este trabajo se fundamenta en el análisis espacial comparativo poblacional del erizo marino *Echinometra vanbrunti* en el intermareal rocoso de San Lorenzo, Santa Elena en los periodos de diciembre 2019-enero 2020, y junio-julio 2022

JUSTIFICACIÓN

En el intermareal rocoso de San Lorenzo, Salinas, la población de equinoideos puede verse relacionada con varios factores como la temperatura, la cantidad de alimento y el nivel de contaminación del sector, se evidencia la presencia de hidrocarburos en la arena, la playa y rocas, según información impartida por el técnico provincial del Ministerio del Ambiente— MAE, hay épocas en que la presencia de petróleo es más notoria (Racines, 2019). Cabe indicar que los erizos funcionan como bioindicadores de contaminación y abundancia de microalgas disponibles como alimento para las larvas y para el resto de zooplancton y una medida de la productividad primaria en el océano, aunque no es fácil establecer claramente el reclutamiento y la abundancia de adultos (S. González, 2004). La exposición a los derrames de aceite y combustible, produce la disminución del coral vivo, aumenta las enfermedades y la población de algas, así como los erizos, las macroalgas son indicadores del estado de salud de los arrecifes coralinos, debido a que desarrollan la función de fijar el CO₂, además son fuente de nutrientes y refugio para muchos organismos, las Cespitosas o turf, están asociadas a lugares con altas tasas de sedimentación y nutrientes, los géneros *Asparagopsis* y *Dyctiota*, al buen estado de salud del arrecife, disminuyendo con la contaminación y deterioro del arrecife (Casas, 2011).

En el campo, la colecta de datos para la realización de este tipo de estudio puede estar cargada de dificultades, incluye problemas de logística, fallos en los equipos

y mal tiempo. Sin embargo, existen diversas técnicas de monitoreo en arrecifes rocosos de los cuales se destaca el uso de cuadrantes, transectos lineales y una combinación de ambos métodos y, sumados a estos, la toma fotografías con equipos especiales, considerando información de la colecta, selección y descripción del sitio, favorecen la obtención de resultados válidos para caracterizar arrecifes (Ponce, 2017). Dado que, si es posible que se presenten errores al no realizar muestreos exactamente en el mismo lugar, o a una mala comunicación al tratar de dar instrucciones a personas a cargo de la colecta de datos, en la anotación o transcripción de estos.

Las fotografías con alta resolución pueden usarse para identificar hábitats y zonas de importancia, junto con mapas de referencia de comunidades marinas, son sistemas que permiten solucionar el problema del corto tiempo de bajamar en el intermareal, una hora antes, una hora durante y una hora después de la bajamar. Elegir un buen sitio para la toma de las muestras es esencial; debe ser fácil de acceder, ya que, de no ser así, el trabajo a futuro puede estar comprometido (Miloslavich & Carbonini, 2010). Por ello se seleccionaron sitios que se encontraban en lugares poco intervenidos por el ser humano, esperando que no cambien o, que lo hagan muy poco.

Se considera de importancia establecer la densidad poblacional de erizos marinos, debido a que este parámetro poblacional, explica como la presencia de y abundancia de estos organismos es determinante en la topografía del medio (Lozano et al.,

2011). Arias et al. (2018) en su trabajo de la costa cubana, determinaron que la ausencia del erizo negro afectó la abundancia, distribución y salud de los organismos sésiles que se encuentran en los arrecifes, provocando un cambio de fase de, de arrecifes dominados por corales a dominados por macroalgas. A su vez, la densidad poblacional de los erizos depende de la complejidad del hábitat, la acción del oleaje, cambios de marea y de factores biológicos como la depredación, como lo destaca Paredes, (2010) en su investigación sobre dinámica poblacional de erizos marinos y reclutamiento de larvas en la isla San Cristóbal en el archipiélago de Galápagos-Ecuador.

Por otro lado, actividades antropogénicas que alteran los ecosistemas como la destrucción del sustrato, eliminación de sustancias químicas ajenas al sistema o la extracción de sus posibles depredadores también estarían afectando el comportamiento y densidad del erizo; lo que llevaría a la necesidad de tomar medidas de manejo de forma oportuna. Cabe indicar que, en ocasiones, la naturaleza también actúa sobre estos ecosistemas, por ejemplo, una reducción del asentamiento y/o crecimiento de formaciones coralinas, sobre las cuales el erizo se asienta, probablemente disminuirá la biodiversidad presente en estos ecosistemas (Warne & Marshall, 1969; Toro et al., 2004).

OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar espacialmente la población de erizos de mar *Echinometra vanbrunti* asociados al intermareal rocoso de San Lorenzo. Santa Elena, Ecuador, entre los periodos diciembre, 2019 – enero, 2020 y junio – julio 2022

Objetivos Específicos

1. Identificar los erizos presentes en el intermareal rocoso de San Lorenzo-Salinas mediante el uso de claves taxonómicas.
2. Caracterizar el entorno del intermareal rocoso de San Lorenzo
3. Relacionar la población de erizos con el entorno del intermareal rocoso de San Lorenzo-Salinas.

Hipótesis:

- La población de erizos marinos de *Echinometra vanbrunti*, si modifica el sustrato del intermareal rocoso de San Lorenzo, Santa Elena.

MARCO TEÓRICO

Distribución espacial

Los individuos pertenecientes a una población o comunidad pueden distribuirse de manera aleatoria, uniforme o agregada. La disposición aleatoria implica que todos los puntos en el espacio tienen la misma posibilidad de ser ocupados y que la presencia de un individuo en un punto no afecta la presencia de otro. En la distribución uniforme los organismos muestran una interacción negativa expresada por la competencia por algún recurso, mientras la distribución agregada manifiesta efectos positivos de atracción para formar grupos densos de individuos. Asumiendo la dinámica espacial en la distribución de una especie, principalmente como producto de variaciones ambientales, respuestas demográficas y transformaciones en la geografía, es importante considerar el momento en el cual se realiza una aproximación a la distribución, es decir, el factor tiempo. Si bien la distribución geográfica de una especie no se transforma significativamente al paso de unos días, se pueden evidenciar algunas diferencias al contrastar la distribución a lo largo del tiempo, tanto evolutivo como ecológico, por tal motivo debe haber congruencia en los datos contemplados para un trabajo y el momento en el cual se plantea explorar un determinado problema (Maciel et al., 2015).

Los métodos comúnmente usados en la estadística clásica o no espacial para el estudio de las distribuciones de los organismos se basan en el uso de las

distribuciones estadísticas e índices de dispersión, y sus descripciones de los patrones espaciales son altamente dependientes del tamaño de las unidades de muestreo y de la relación entre la media y la varianza (Sawyer, 1989; Hurlbert, 1990).

La estimación de la distribución espacial, como una variable de respuesta, permite formular preguntas: ¿qué procesos determinan la ubicación de una especie en un sitio?, ¿se distribuyen de la misma manera a lo largo del tiempo?, ¿es posible hacer predicciones sobre su distribución futura?, ¿qué información nos proporciona una distribución?, ¿Qué relación guarda la historia de vida de una especie con la historia geológica del lugar donde habita? Para responder estas preguntas será necesario estudiar la forma, tamaño, conectividad y dinámica temporal de las áreas de distribución, de lo cual se encarga la biogeografía. Hasta el momento se han descrito algunos patrones cuantitativos referentes al tamaño, forma, límites, sobreposiciones, estructura, así como la relación entre la distribución y la historia geográfica de un área (Maciel et al., 2015).

Distribución y especie

El área de distribución de una especie requiere la presencia de esta en el espacio geográfico; considerando a la especie como linajes meta poblacionales que evolucionan separadamente. Se incluye la dimensión temporal, y al contemplar la

dinámica meta poblacional inevitablemente incorpora la dimensión espacial (Maciel et al., 2015).

Modelado de distribución de especies

El área de distribución de una especie es una expresión compleja de su ecología e historia evolutiva, determinada por diversos factores que operan con diferentes intensidades a diferentes escalas. Cuatro clases de factores determinan las áreas en las que se encuentra una especie:

1. Condiciones abióticas (A), incluyendo aspectos del clima, el entorno físico, las condiciones edáficas, etc., que imponen límites fisiológicos a la capacidad de las especies para persistir en un área.
2. Factores bióticos (B): el conjunto de interacciones con otras especies que modifican la capacidad de la especie para mantener poblaciones. Estas interacciones pueden ser positivas (mutualistas) o negativas (competidores, depredadores, enfermedades). Al limitar o mejorar los procesos de población, las interacciones pueden afectar a la distribución.
3. Las regiones que son accesibles a la dispersión de la especie desde algún área original. Este factor es extremadamente útil para distinguir la distribución real de una especie de su potencial distribución, basada en la configuración del paisaje y la capacidad de dispersión de la especie.
4. La capacidad evolutiva de las poblaciones de la especie para adaptarse a nuevas condiciones. Este factor generalmente reservado para análisis o asumido como insignificante

Estos factores interactúan dinámicamente y con diferentes fuerzas a diferentes escalas para producir la entidad compleja y fluida que llamamos distribución geográfica de una especie (Soberón & Peterson, 2005).

Dualidad de Hutchinson

La dualidad de Hutchinson es una hipótesis propuesta por Hutchinson (1957), sobre la correspondencia entre el espacio geográfico y el espacio de nicho, abstracto y multidimensional. Esta correspondencia se puede operacionalizar cuando se impone una retícula de resolución dada, con una proyección específica, sobre la región de interés y se procede a obtener los valores de las variables usadas para el espacio de nicho mediante coberturas ambientales en formato “raster” (Soberón et al., 2017). A cada punto de la retícula geográfica (G) corresponde un único punto del espacio ambiental (E). pero un punto en el espacio ambiental le puede corresponder más de un punto en la geografía (Soberón et al., 2017).

Diagrama de BAM

Un área de distribución depende de muchos factores, más que el simple nicho fundamental de la especie. Una forma muy simplificada de expresarla es mediante el diagrama BAM. El diagrama BAM muestra que una especie tiene altas probabilidades de ser observada en aquellas regiones del planeta donde existan las

condiciones abióticas necesarias (A), existan las condiciones bióticas favorables (B) y hayan estado accesibles a la dispersión de la especie desde la región de su origen histórico, o bien desde alguna región definida en un momento temporal relevante (M), esto es la región del planeta accesible a la dispersión. Por definición, las variables ambientales en G_0 constituyen el nicho realizado (N_R). la Zona G_I es una región con condiciones favorables, pero que se ha mantenido fuera de las capacidades de dispersión de la especie (ver figura 1) (Soberón et al., 2017).

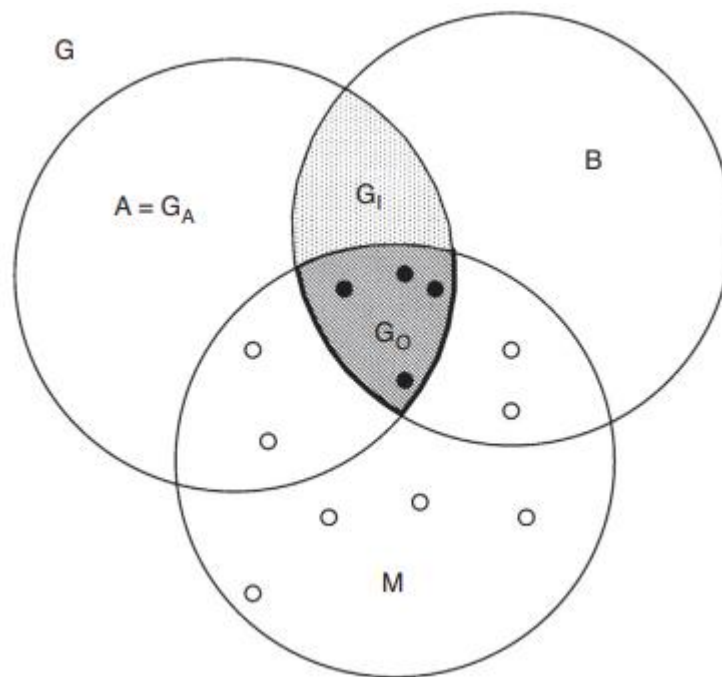


Figura 1: Diagrama de BAM (G=retícula geográfica; M= momento; A=condiciones bióticas; B=condiciones abióticas)

Fuente: Soberón et al., 2017

Cuando se utilizan algoritmos correlativos para modelar distribuciones de especies, el algoritmo combina la presencia y las capas ambientales para generar un objeto

(tabla, fórmula, conjunto) en el espacio E, que es posteriormente proyectado a G como consecuencia de la dualidad de Hutchinson. Por otro lado, en los modelos correlativos el investigador muy raramente incluye explícitamente las capas B y M. En tal caso se modelan los ambientes (A) y la proyección a G es una distribución potencial. Entonces, SDM se refiere a modelar objetos en G. estos pueden ser considerados áreas potenciales si se ignoran los efectos de B y M, o áreas ocupadas (G_0)(Soberón et al., 2017).

Área de Distribución

El área de distribución geográfica, entendida como el lugar donde una especie puede ser localizada e interactúa en forma no efímera con el ecosistema (Zunino & Zullini, 2003), involucra no solo el lugar, sino también la forma en como la especie se presenta, es decir de manera no efímera con el ecosistema. Este contexto implica necesariamente la dimensión temporal de los conceptos, por el contrario, si el registro correspondiera a un grupo de organismos con repercusión sobre el acervo genérico de la especie y con utilidad en la exploración de hipótesis dentro de la ecología y la biología de la conservación, entonces dicho registro si podría ser considerado como parte de distribución (Maciel et al., 2015).

Patrones estacionales y capacidad de movimiento

El clima del Pacífico Oriental Tropical está determinado por dos estaciones, la seca o fría y la húmeda o lluviosa, y más específicamente, en las regiones que comprenden las costas orientales de la provincia de California hasta las costas chilenas, el clima está influenciado por la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), registrándose vientos alisios con grandes masas de aire y humedad que saturan y generan intensas precipitaciones, dependiendo de la época y ubicación geográfica. Las aguas del Pacífico Oriental son, eventualmente, influenciadas por eventos como La Niña, donde se produce un mayor efecto de corrientes como la de Humboldt que conlleva la presencia de bajas temperaturas y, por otro lado, El Niño oscilación del Sur (ENSO), fenómeno que causa corrientes tropicales cálidas y que genera *efectos negativos* en cuanto al desequilibrio de los ecosistemas marinos.(Ponce, 2017). Durante El Niño, las alturas de las olas se incrementan, y si produce una influencia alta del ciclo lunar, especialmente durante los agujajes de periodos de sicigia, la altura promedio de la ola es de 0,8 m, siendo la máxima altura de la ola de 3,2 m (Vera et al., 2009).

En el Ecuador las corrientes oceánicas que se manifiestan de forma estacional son las Corrientes del Niño, siendo anomalía climática temporal de la corriente cálida de Panamá, y la corriente de Humboldt, que viene de Sur desde las costas de Chile. La corriente de El Niño, que se presenta entre diciembre y marzo, constituye la entrada de aguas cálidas desde Australia, que aumenta las temperaturas del océano en las costas del Pacífico de Ecuador y marca la época húmeda y cálida en la costa

ecuatoriana, periodo en el que se produce el aumento de precipitaciones (Ponce, 2017).

Complejidad del hábitat y patrones de distribución espacial

El tamaño del área de distribución de una especie está directamente relacionado con el tamaño de su ámbito hogareño, el cual resulta de las interacciones entre ambiente y el entendimiento del mismo por parte de algún organismo, comprender el ámbito hogareño de las especies facilita la comprensión de la compleja relación que existe entre densidad poblacional y la distribución individual de una especie (Maciel et al., 2015). Por ejemplo, los procesos de regulación por cascada trófica inversa “bottom-up” de recurso a depredador surgen cuando determinados factores afectan a la abundancia de algas o alimento, extendiendo sus efectos a los niveles tróficos superiores y determinando así, la dinámica poblacional de herbívoros y de sus depredadores. De forma contraria, los procesos de regulación de cascada trófica “top-down” se dan donde la depredación es un factor importante, capaz de mantener en pequeñas densidades a las poblaciones de herbívoros, de forma que la biomasa, la abundancia y la diversidad biológica de los niveles tróficos inferiores depende de los efectos de los consumidores de los niveles tróficos superiores, permitiendo el desarrollo de algas (Cabanillas, 2009).

Paredes (2010), señala que los herbívoros con mayor influencia dentro de las comunidades marinas son los erizos, cuya estructura poblacional a su vez puede estar fuertemente influenciada por su hábitat. Agrega que estos organismos se alimentan principalmente de algas adheridas a las rocas o sueltas y de otros organismos sésiles; es por ello, que una variación en su densidad poblacional podría afectar directamente al resto de especies que se relacionan con ellos, es decir, los erizos son especies claves dentro de las comunidades marinas costeras. Cuando los erizos se encuentran en densidades bajas en un ecosistema, estos se agrupan en estructuras complejas como grietas o cuevas, las cuales les sirven de refugio ante los depredadores; pero cuando las densidades se incrementan, estos organismos tienden a distribuirse de manera aleatoria en el sustrato rocoso sin importar la complejidad de la estructura. Entonces son el tipo de sustrato y sus características las que juegan un papel importante en la distribución de las poblaciones de *Echinometra vanbrunti* (Steneck, 2013; Soriano, 2014).

La distribución de los erizos varía con la profundidad dentro de cada localidad, siendo agregada en fondos someros y dispersa en fondos profundos y algunos investigadores señalan que estos organismos incrementan en densidad. Sin embargo, la producción primaria de los macrófitos disminuye con la profundidad y como consecuencia hay menos recursos alimenticios disponibles para este organismo (Cabanillas, 2009)

Tripneustes depressus, un erizo de hábitos muy activo, no tiene preferencia para distribuirse de forma agregada, ya que, por ejemplo, el tipo de fondo en Socorro, y Revillagigedo (México), en general es relativamente homogéneo (rocas y pavimento basáltico), en especial en zonas que carecen de parches coralinos y por ende hay una gran disponibilidad de sus presas (algas coralinas, frondosas y tapetes de cianófitos) (Herrero et al., 2015). Por otro lado, *Echinometra lucunter*, prefiere fondos más someros bajo el efecto del oleaje, con un promedio de 9 ind/m² en las zonas más someras, reduciendo su abundancia hasta 3 ind/m² en las zonas profundas, mientras *Litechinus variegatus* muestra un patrón en mosaico, siendo más abundante en ciertos sitios donde varía la calidad del agua y la heterogeneidad natural del hábitat (Sánchez et al., 2001)

Paracentrotus lividus registra mayor actividad diurna para evitar a los depredadores nocturnos, presentando un comportamiento territorial, ya que habitualmente suele ser el de permanecer dentro de las cavidades excavadas en las rocas durante largos periodos de tiempo, sin embargo, las corrientes y temporales marítimos pueden ocasionar un flujo de individuos de una zona a otra al ser arrastrados por el mar como se ha descrito en las costas de Irlanda (Vega & Romero, 2011). Otra causa de distribución lo constituyen los periodos lunares. Cabe mencionar que *Diadema mexicanum* en la Isla Tabobilla, en Panamá, presenta un ciclo reproductivo aparentemente lunar, con liberación de gametos de septiembre a noviembre y un periodo reproductivo intenso de mayo a septiembre y un segundo desove en el mes de diciembre, en Colima, México (Díaz, 2010).

El erizo marino *E. vanbrunti* es bentónico y habita aguas someras y el intermareal, llegando a una profundidad menor a los 3 m, principalmente en playas rocosas, caracterizadas por rocas en diferente estado de fragmentación y en proceso de meteorización. Esta especie comparte su entorno con otros equinodermos como estrellas y pepinos de mar; en playas rocosas, junto a especies como *Phataria unifascialis*, *Pharia pyramidatus*, *Hesperocidaris asteriscus*, *Diadema mexicanum*, *Centrostephanus coronatus*, *Ophinoderma teres*, *Ophinoderma panamense*, *Ophiothrix spiculata*, *Ophiocoma aethiops*, *Ophionereis annulata*, *Ophiactis savignyi*, y *Holothuria inabilis*. Además, *E. vanbrunti* se encuentra asociado al bivalvo *Pinna rugosa* en arrecifes coralinos, ocupando las cavidades que forman al alimentarse de algas en la base de las colonias coralinas; cabe indicar que, en los arrecifes coralinos se encuentra la mayor diversidad de equinodermos, y de esta forma, en el frente arrecifal confluyen especies tanto de zonas intermareales como de zonas profundas. En este ecosistema es posible encontrar a los erizos *Astropyga pulvinata*, *Centrostephanus coronatus*, *Diadema mexicanum*, *Eucidaris thouarsii* (Neira & Cantera, 2005).

Si se considera la ubicación geográfica de las áreas de distribución, es posible observar un par de tendencias. La primera se refiere a su ubicación con respecto a la latitud, el área de distribución de una especie suele ser mayor conforme se va localizando a latitudes más altas, relación que se presenta en muchos grupos taxonómicos del centro y norte de América (plantas, moluscos marinos, peces

costeros y de agua dulce, anfibios y reptiles, mamíferos), debido a que a mayor latitud mayor son los intervalos de los regímenes climáticos a lo largo del año

Distribución histórica de *E. vanbrunti*

E. vanbrunti fue descubierto por Agassiz en 1963, se encuentran registros desde la zona central de California hasta el sur de Perú incluyendo a las islas Galápagos y en la zona continental del Ecuador se distribuye a lo largo del intermareal rocoso (Soriano, 2014). En estas últimas se han registrado 24 especies de erizos, siendo los más abundantes el erizo lapicero *E. thouarsii* y el erizo verde *Lytechinus semituberculatus* en la zona sub mareal, No obstante, los estudios de dinámica poblacional de estas especies se reducen a la isla Santa Cruz (Paredes, 2010). También en el parque Nacional Machalilla, Ecuador, se observaron altas densidades de *Diadema mexicanum* en condiciones hidrodinámicas moderadas, en agrupaciones de 5 a 50 individuos (Alvarado et al., 2015).

Cambios en la población de erizos

La distribución de los individuos de una especie a lo largo de los ecosistemas está limitada, en primer lugar, debido a sus restricciones fisiológicas ante múltiples factores ambientales (Maciel et al., 2015). Las fuerzas hidrodinámicas en los ambientes intermareales y sub mareales inciden en los patrones de zonación de los organismos marinos; en esencia, los efectos del hidro dinamismo decrecen al

aumentar la profundidad (Cabanillas, 2009). *Diadema antillarum*, es poco resistente a las fuerzas hidrodinámicas unidireccionales, presentando un grado de desplazamiento elevado y su morfología no le permite una gran superficie de adhesión al sustrato (Tuya et al., 2007). En las islas Galápagos Toro et al. (2004) durante el Niño 82-83, cuando se producen incrementos en la temperatura del agua y del aire, del nivel del mar, de la presión atmosférica en las zonas costeras, disminución de los afloramientos, registraron un aumento en las poblaciones del erizo lápiz *Eucidaris thouarsii*. Lo que lleva a concluir que los procesos oceanográficos costeros, son factores determinantes en la estructura espacial de todos los equinoideos existentes, llegando a actuar sobre la selección del hábitat, la dispersión de estadios larvarios, además de la mortalidad temprana, la migración y el desplazamiento de la fase post— metamórfica (Soriano, 2014). Entonces, el área de distribución de cada especie se restringe dada su tolerancia ambiental, producto de distintos procesos evolutivos que han moldeado a los organismos y que, en consecuencia, han determinado su presencia a ciertos espacios (Maciel et al., 2015).

En 2017, Ponce, mencionaba que los segmentos de cresta, pendiente y fondo de sustrato rocoso, cambian la dirección y velocidad de corrientes marinas ayudando al establecimiento y desarrollo de organismos de peces y macroinvertebrados; además indica que los fondos rocosos son propicios para el desarrollo y asentamiento de larvas de organismos marinos, dando a conocer que este tipo de sustrato favorece el crecimiento de algas y además sirven de refugio para estos, como ya se mencionó anteriormente. Sin embargo, es necesario destacar que,

cuando se produce altas densidades de equinoideos, las macroalgas son prácticamente inexistentes (Cabanillas, 2009).

Varias especies de peces e invertebrados marinos, y aves playeras se alimentan de *Echinometra* en la zona intermareal, los principales peces depredadores incluyen peces ballesta (*Balistapus undulatus*), lábridos (*Coris* Sp. y *Chelinus* Sp.), emperadores, cerdos, peces globo y gruñidos; los invertebrados, principalmente caracoles y estrellas de mar, también se alimentan de *Echinometra*, *Cypraecassis rufa*, es el depredador más importante entre los caracoles que depredan a *Echinometra*, y las especies de estrellas generalistas de los géneros *Culcita* y *Protoreaster* y otros invertebrados como langostas, cangrejos y anémonas de mar se alimentan de forma oportunista de *Echinometra*. La proliferación de erizos marinos y *Echinometra* en muchos arrecifes de pesca se puede atribuir en gran medida a la pérdida de peces óseos, en particular, a los peces ballesta que se alimentan del bentos, más que a la colección de caracoles o invertebrados (McClanahan & Muthiga, 2013).

La temperatura

En ocasiones el área de distribución de las especies puede verse afectada por el cambio climático global, repercutiendo básicamente en su localización espacial, aunque dichos cambios suceden de manera muy lenta (Maciel et al., 2015). Los ambientes costeros están sometidos a cambios de temperatura en diferentes escalas,

tanto aquellos, como los que se mencionó anteriormente, relacionados con las corrientes y, a un nivel estacional, como aquellos a menor escala, como los que se producen en el área intermareal, sea por el cambio de marea y por los periodos de desecación, o por cambios en la intensidad de los rayos lumínicos, asociados al tipo de sustrato sea rocoso o arenoso y relacionado con lo anterior, a la profundidad de los llamados “charcos de marea”, como lo menciona (González, 2009), cuando los califica como “fluctuantes, inestables y dinámicos”. Sin embargo, los diferentes organismos, invertebrados y vertebrados, que habitan las costas litorales rocosas, se han adaptado a estos ambientes, estableciendo una distribución o zonación de especies en franjas o bandas. Intervienen en este aspecto algunos factores incidentes como los fisicoquímicos, entre los que se incluyen el régimen climático, la energía del viento, la intensidad lumínica, además de las mareas, el oleaje, la topografía del sustrato, la salinidad y la temperatura, como se mencionó con anterioridad; y, por otro lado, los biológicos como la presión de depredadores y la competencia por el espacio y alimento (Amaya, 2007; León & Salvador, 2019).

Según Alvarado et al. (2015), en el Golfo de Panamá, la densidad poblacional de *Diadema mexicanum* es baja (~ 1 ind/m²), con valores que rondan entre 0 y 10 ind/m². No obstante, bajo la presencia de El Niño las densidades poblacionales incrementan, llegando a alcanzar hasta 150 ind/m²; se pudo observar cómo esta especie cambió de densidades bajas (< 3 ind/m²) previo a El Niño 1983 a 80 ind/m², después de 1983 en la Isla Uva, Golfo de Chiriquí, Panamá (Glynn, 1997).

En la costa ecuatoriana, se han registrado cambios en la temperatura superficial del aire de perfil costero, como fue el caso desde San Lorenzo (Salinas) hasta Puerto Bolívar, durante 2018, cuando el valor promedio fue de 25.70 °C, climatológicamente superior a su normal con un valor de +0,33 °C, llegando a ser en La Libertad la temperatura más baja con un promedio de 24,10 °C (Reyes, 2019). Pero, cuando se presenta el evento El Niño, estas altas temperaturas en el Pacífico Oriental Tropical, pueden llegar a 28 °C en las zonas costeras, causando altas mortalidades de corales, favoreciendo al rápido crecimiento de las algas y, por ende, un aumento en la abundancia de erizos (Toro et al., 2004). Cuando las especies conservan su área de distribución ante el cambio climático puede estar involucrada una respuesta adaptativa o de aclimatación fisiológica, ajustándose rápidamente al cambio ambiental y del paisaje (Maciel et al., 2015). Por ejemplo, para el caso de los erizos *E. thouarsii* y *L. Tuberculatus*, Paredes (2010) señala que estos organismos sobreviven a temperaturas que varían desde los 11 °C hasta los 35 °C, en la isla Santa Cruz, del archipiélago de Galápagos.

Reclutamiento de larvas

La presencia de larvas de erizo en la columna de agua es dependiente de las condiciones ambientales, y su estancia en este ambiente puede durar desde semanas hasta meses antes de que puedan asentarse (Paredes, 2010). En el estudio de Camus y Lagos (1996), sobre la variación espacio temporal del reclutamiento en ensamblajes intermareales sésiles del norte de Chile, señalan que el desarrollo de una comunidad

de un “parche en el intermareal” puede ser muy dependiente de la época el año en que se inicia, es decir, según la época en que el sustrato primario está disponible. Al considerar la variación en el número de especies reclutado en el tiempo y en distintos niveles verticales dentro de la zona intermareal medio-alta, comentan que dentro de cada sitio hubo diferencias entre niveles mareales y entre los períodos de registro. Finalmente, agregan, que la estacionalidad incide directamente en el número de especies que recluta a través del tiempo, y ha sido mostrada como un factor que además impacta fuertemente a las poblaciones adultas.

Así mismo, para 2007, Lawrence, comentaba que la larva plúteos del erizo, puede encontrar reposo hasta encontrar parches de comida, o lugares donde existan mezclas de plancton o ciertas condiciones químicas que le faciliten su asentamiento y posterior crecimiento. En Panamá, *E. vanbrunti* alcanza picos máximos en la talla de las gónadas en el mes de septiembre, sugiriendo un periodo de desove para la especie de septiembre a octubre, justo antes de entrar a la estación seca (Lessios & Cunningham, 1990). En Baja California, México, mediante análisis histológico de las gónadas y del índice gonodosomático se determinó, se determinó que la reproducción ocurre en los meses de verano y principios de otoño (agosto-octubre) (S. González, 2004).

Descripción de la especie

El caparazón de este organismo es grueso con el dorso convexo, una superficie ventral hundida y el ámbito puede ser circular o ligeramente alargado (ver figura 2) mientras que los tubérculos primarios ambulacrales se encuentran muy próximos y los de la hilera media vertical muy reducidos (Caso, 1961). Este caparazón mide de 25 a 33 mm de longitud, 20 a 58 mm de anchura y de 11 a 27 mm de altura y su forma es variable, debido a que algunos de ellos poseen forma de turbante, con un ámbito circular y otros son casi oblongos y de caparazón bajo y aplanado. En algunos ejemplares, la altura del caparazón es mayor que la mitad de la longitud, mientras que en otros es prácticamente la mitad de ella (Caso, 1961; FAO, 1995).

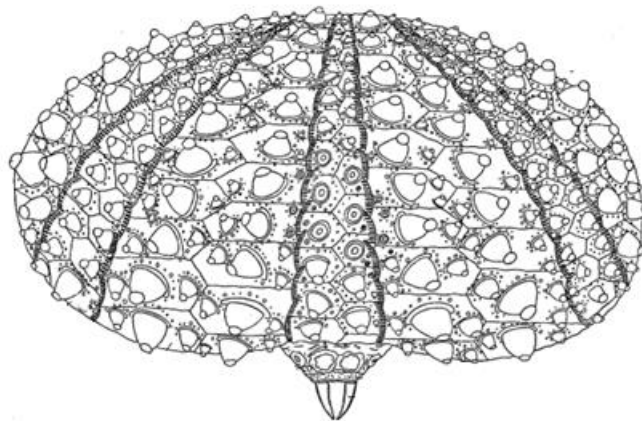


Figura 2: Caparazón de erizo de mar *Echinometra vanbrunti* (vista lateral, sin piel, sin espinas ni pedicelarios)
Fuente: Calva, 2003

Las espinas primarias miden de 8 a 35 mm y son robustas, tan largas o más que el diámetro del caparazón y están estriadas longitudinalmente con el extremo más delgado que la base, adelgazándose gradualmente, en cambio, las espinas

secundarias son bastante parecidas a las primarias, con la diferencia de que estas son más finas (Caso, 1961; FAO, 1995; Soriano, 2014)

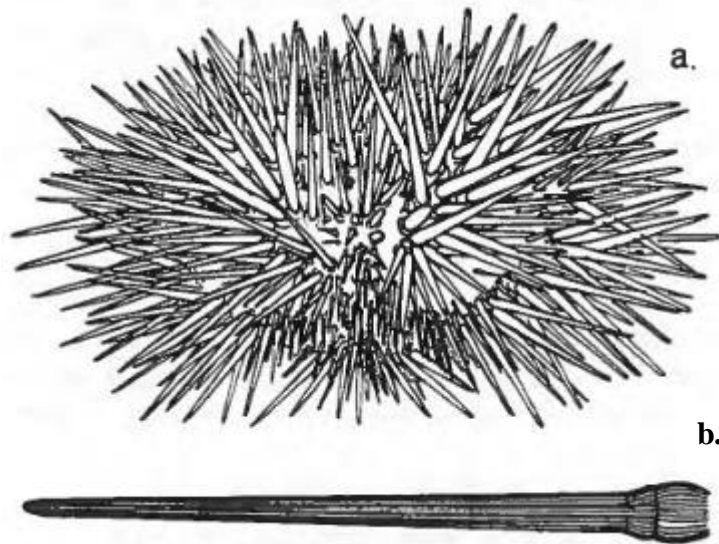


Figura 3: a. *Echinometra vanbrunti*; b. espina;
Fuente: Brusca, 1981

El aparato apical se encuentra muy desarrollado alcanzando la madrepora. Los tubérculos primarios ambulacrales están muy cercanos entre sí; la hilera mediana vertical no es muy pronunciada, está reducida a una pequeña línea de tubérculos secundarios que la separan de los tubérculos primarios, los cuales ocupan el resto de las placas coronales; no son numerosos y están irregularmente repartidos mientras que los tubérculos miliares son relativamente pocos y las zonas ambulacrales en la superficie aboral son muy angostas. Cada placa ambulacral sobre el *ámbitus* tiene de siete a ocho pares de poros, dispuestos en forma de arco, de los cuales de cuatro a seis están dispuestos en series verticales, lo que da por resultado que las zonas o áreas poríferas sean muy angostas; las zonas inter-

ambulacrales forman dos hileras verticales laterales de tubérculos primarios y dos hileras de pequeños tubérculos secundarios (Caso, 1961; FAO, 1995; González, 2004)

Posee pedicelarios de cuatro clases distintas: *pedicelarios globíferos*: con grandes valvas y con un diente prominente lateral sobre el lado izquierdo cerca del extremo distal; *pedicelarios oficéfalos*: con las bases de las valvas no adelgazadas; *pedicelarios tridentados* con valvas más o menos anchas y curvadas; *pedicelarios delgados* y pequeños que poseen aurículas grandes con anchos bordes interambulacrales (ver Figura 4) (Caso, 1961). Es una especie bentónica que habitan en el intermareal rocoso y aguas someras a una profundidad de 0,5 a 3 m. se encuentran refugiados en pequeñas cuevas que forman raspando el sustrato rocoso (S. González, 2004).

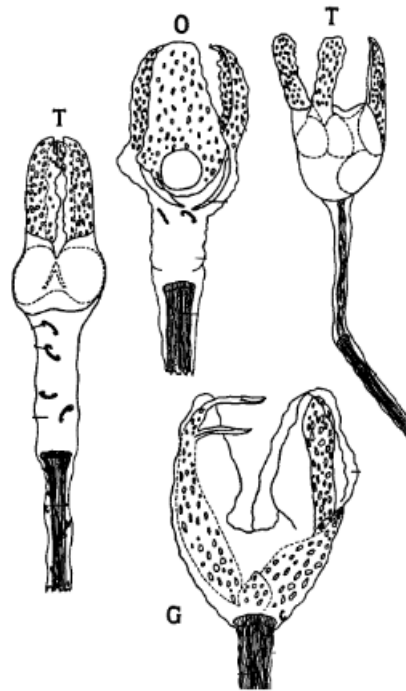


Figura 4: Tipos de pedicelarios en erizo de mar *Echinometra vanbrunti* (T: tridentado; O: oficéfalos; G: globífero)

Fuente: Calva, 2003

Alimentación

Los erizos de mar son omnívoros; aunque su principal fuente de alimento son organismos de origen vegetal (los cuales conforman del 88 al 96% de su dieta), también pueden ingerir foraminíferos y espongiarios. Su linterna de Aristóteles está compuesta de un aparato masticador calcáreo y por tal razón son capaces de roer rocas para obtener extensiones de algas (Tuya et al., 2007; Soriano, 2014). Estos organismos tienen ciclos alimenticios definidos, pues intercalan días de

alimentación sucesiva con días de reposo alimentario, el cual puede durar de 1.5 a 2 días; sin embargo, en la fase de maduración gonádica existe un mayor consumo alimenticio (Steneck, 2013). Como individuo, consume alrededor de 1 g de materia orgánica por día, con una densidad de 20 erizos por metro cuadrado se consumiría toda la producción neta. Aproximadamente la mitad de esto sería defecada, algunas de las heces recicladas por los herbívoros y otras se perderían en la columna de agua. los efectos de los erizos en algas y plantas, se verán influenciados por el número de la población y el modo de alimentación (McClanahan & Muthiga, 2013).

Reproducción

Son organismos dioicos y pueden liberar hasta 20 millones de óvulos; no presentan dimorfismo sexual, posee cinco gónadas adheridas en la cara interna de su caparazón, cada una se conecta mediante un gonoducto corto al gonoporo que se encuentran las placas genitales, poseen una fecundación externa, por lo cual los óvulos y los espermatozoides son expulsados al agua para su fecundación (Steneck, 2013; Soriano, 2014).

MARCO METODOLÓGICO

Enfoque, método y tipo de investigación

El presente estudio se llevó a cabo mediante un enfoque cuantitativo basado en el conteo de erizos marinos *Echinometra vanbrunti*, el diámetro de testa de los erizos, la cantidad de sustrato biológico acompañante, y análisis estadísticos, basado en la distribución espacial del erizo en el intermareal rocoso.

Descripción del Área de estudio

Se realizó un estudio de las poblaciones del erizo *Echinometra vanbrunti* en el intermareal rocoso de punta San Lorenzo, ubicado en el cantón Salinas de la provincia de Santa Elena, en las coordenadas S 02°12.120' / W 080°57.221'; S 02°12.119' / W 080°57.231'; S 2°12.121' / W 80°57.213, (ver Mapa I), en los periodos diciembre, 2019 – enero, 2020 y junio-julio 2022. Esta área se caracteriza por estar muy expuesta a fuerte oleaje, con una zona intermareal, en el piso medio litoral, muy rocosa, formada por rasas de rocas sedimentarias cementadas, muy batidas por el oleaje.



Metodología de campo

El área de estudio forma parte del sistema de arrecifes rocosos de la costa de San Lorenzo-Salinas, Santa Elena. Se aplicó un sistema de muestreo por transectos en calas rocosas del intermareal. El marcaje de los transectos se realizó en puntos georreferenciados como se mencionó anteriormente, con el uso de un GPS digital resistente al agua, cada transecto fue marcada con resina de poliéster tinturada de rojo, una brocha, guantes de látex y mascarilla como medida de protección para el uso de la resina y una cuerda de 20 metros marcada cada metro (ver figura 14). Las

primeras estaciones de cada transecto se encontraban más próximos a la “zona de desecación” “donde la roca se encuentra expuesta durante mayor tiempo durante la marea baja, siendo la tercera estación de cada transecto la que cuenta con menor tiempo de exposición durante la marea baja y/o mayor influencia del oleaje (ver figura 5).

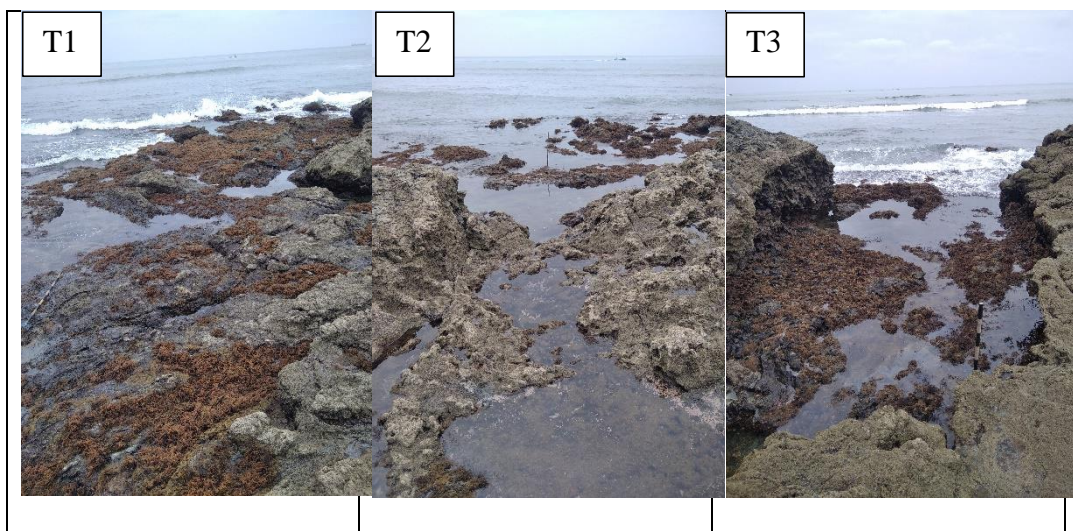


Figura 5: Ubicación de los transectos en el Intermareal rocoso de San Lorenzo, Santa Elena (T1: Transecto 1; T2: Transecto 2 T3: Transecto 3)

Muestreo de abundancia y distribución de la especie

La identificación de erizos se hizo al mayor nivel posible (especie). Para ello se recolectaron 30 erizos utilizando un cuchillo sin punta y guantes de protección. Seguido de esto se colocaron en tarrinas plásticas con una solución del 10% para fijarlos en campo y luego trasladarlos al laboratorio para su respectiva

identificación mediante las claves de identificación de “common intertidal invertebrates of the gulf of California”(Brusca, 1980).

Para la identificación de las macroalgas se recolectaron muestras de cada especie presente en el intermareal, fueron preservadas en tarrinas plásticas y congeladas, en adelante fueron llevadas al laboratorio, e identificadas mediante la clave para el reconocimiento de los géneros de algas macrofitas del intermareal rocoso bonaerense (Parma et al., 1987)

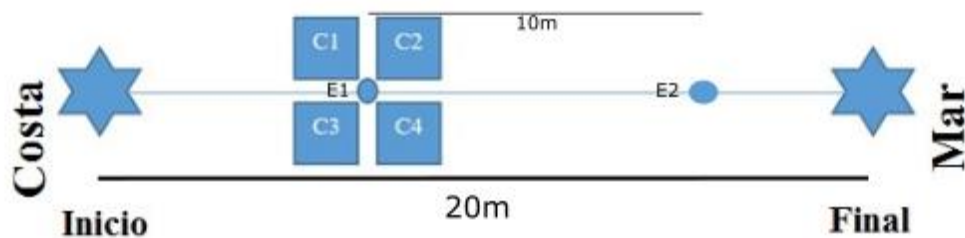


Figura 6: Ubicación de los transecto-cuadrantes.

Se realizaron capturas fotográficas a los cuatro cuadrantes de cada estación para poder visualizar cambios en cada estación, la densidad de algas Chlorophytas, Rhodophytas y Phaeophytas. Para ello se utilizó una cámara GoPro Hero 7 colocada en un trípode de 40 cm de altura, montado con tubos de PVC de la siguiente manera, dos tubos de 30 cm con tapa, 2 tubos de 25 cm unidos con conexiones de codos y una T, forman la base, un tubo de 40 cm que marca la altura de la cámara unida con un codo a un tubo de 15 cm, este último tubo estará unido a una conexión T modificada con una base de GoPro Hero 7, unida con tornillos de base plana, de preferencia inoxidable (ver figura 7).

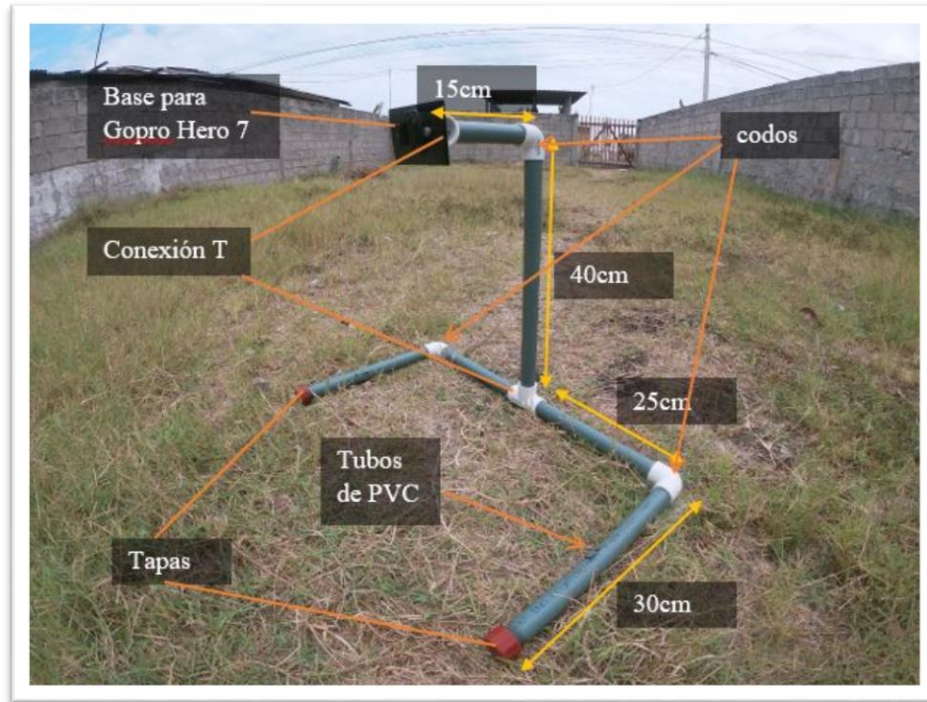


Figura 7: Trípode de Campo con sus partes, (conexión T, Codos, Tapas, Tubos PVC, base para GoPro Hero 7)

Para facilitar el monitoreo con el corto tiempo de bajamar y la influencia del oleaje sobre el cuadrante, se modificó la cuadrata, colocando cinta color negro cada 5 cm en el tubo y así poder tener una regla de referencia (ver figura 8A).

Debido a la influencia de la marea y la capacidad de los erizos en formar cavidades, se fabricaron pequeñas banderillas que se colocaron en los sitios donde se observaron erizos, realizadas con sorbetes y llenas de arena para poder visualizar su presencia en las fotografías (puesto que estos se encuentran en pequeñas cuevas que forman en las rocas) (Ver figura 8B).

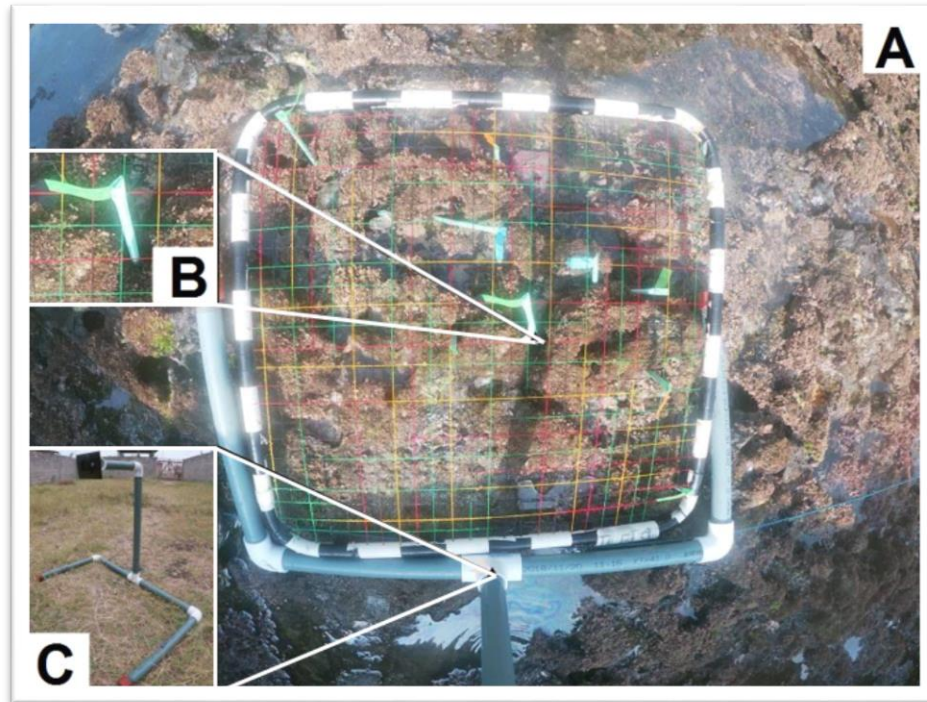


Figura 8: Esquema de la ubicación del cuadrante en el área de estudio: A. cuadrante, B. banderilla y C. trípode

Análisis estadístico

Distribución espacial

Se realizó el análisis de los datos obtenidos utilizando el índice de similitud de Morisita (1959) para identificar las comunidades de macroinvertebrados y macroalgas bentónicas y la asociación a al tipo de sustrato frente a la población de erizos marinos *E. vanbrunti*, en tres rangos de tamaños de diámetro de testa (0-

19,99 mm; 20-39,99 mm; >40 mm), considerando las zonas altas y bajas dentro de la zona intermareal de cada zona.

Se aplicó el coeficiente de correlación Pearson (1897), para medir el grado de relación entre la presencia de los erizos marinos *E. vanbrunti* en los tres rangos de tamaño, con los datos semanales de temperatura, altura de la ola, periodos lunares, comunidades de macroinvertebrados y macroalgas en los sitios de estudio con un grado de confianza del 95%. Todos los análisis se realizaron con el programa Past 4.11.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Descripción de la familia

La familia Echinometridae comprende especies pequeñas y grandes, posee la testa circular u ovalada. Las placas ambulacrales son compuestas trigéminas o poligeminadas. Posee muescas orales muy someras. Una de las características más importantes de esta familia es la forma de los pedicelarios; presentan un solo diente lateral asimétrico sobre la valva estrecha y tubular cerca de cada valva que forma los pedicelarios tipo globíferos, los cuales tienen sacos venenosos dobles y pueden estar provistos de tallos granulados (Borrero et al., 2012). Presentan tres o más pares de poros sobre las placas ambulacrales (Caso, 1961).

Características taxonómicas

El cuerpo de *Echinometra vanbrunti* tiene forma globosa, destaca por su achatamiento, la altura de sus tubérculos y la estrechez de la zona porífera (Agassis, 1863). Posee de seis a ocho pares de poros en cada arco situado por encima del ámbitus, la testa está armada con espinas afiladas y puntiagudas, las espinas rara vez con organismos incrustados, las espinas son largas, más largas que la anchura de la testa la longitud de la espina más larga mide menos de 2 veces el tamaño de la testa. Superficie con 5 filas sin espinas que bajan desde el polo aboral. Las espinas

son unicolores, de un color púrpura oscuro o rojo pardusco, no están anilladas; (Caso, 1961; Brusca, 1980).

Clasificación taxonómica

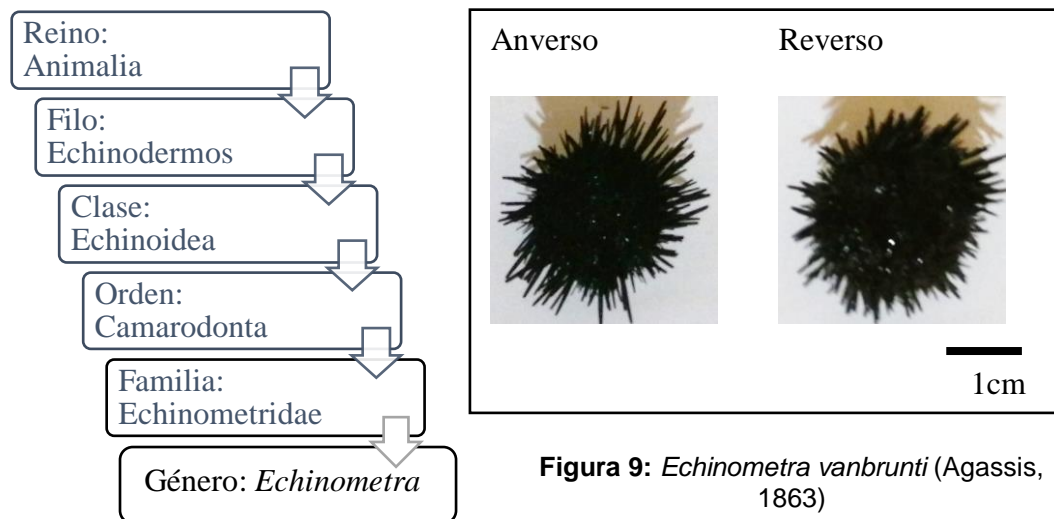


Figura 9: *Echinometra vanbrunti* (Agassiz, 1863)

Nombre científico: *Echinometra vanbrunti* (Agassiz, 1863)

La identificación de la especie fue corroborada por el Dr. Jorge Shonnenholzner especialista en equinodermos junto con su grupo de investigación en biología y cultivo de equinodermos de la Universidad Técnica de Manabí.

Distribución

El erizo *E. vanbrunti* se encuentra distribuido desde el norte de California Central hasta el sur de Perú (Caso, 1961), incluyendo las Islas Galápagos. La abundancia de estos organismos está relacionada con factores como: disponibilidad de

alimento, condiciones del hábitat e interacciones biológicas (competencia por espacio, depredación).

Es una especie muy común en las costas rocosas de Ecuador, se lo ha avistado ampliamente en Salinas (Santa Elena), Punta Carnero (Santa Elena), Los Frailes (Manabí), hasta las Islas Galápagos en el intermareal rocoso y en aguas someras o poco profundas (González, 2004; Toro et al., 2004).

Ecología

Menge et al. (1983), encontraron que las pozas donde se encontraba erizos marinos predominaban una gran variedad de especies, como coralinas costrosas, algas carnosas costrosas, briozoos incrustantes, esponjas, tunicados coloniales y solitarios, hidroides, algas erectas (verdes, pardas y rojas), y bivalvos en especial *C. echinata*. De forma similar, en las zonas próximas a los erizos o debajo de los mismos, se identificaron un total de 11 especies de algas, entre ellas, 2 Rhodophytas, 4 Phaeophytas y 3 Chlorophytas (ver Tabla II). Además, invertebrados marinos se identificaron 1 especie de crustáceo, 3 especies de moluscos, 3 especies de equinoideos (Ver tabla I).

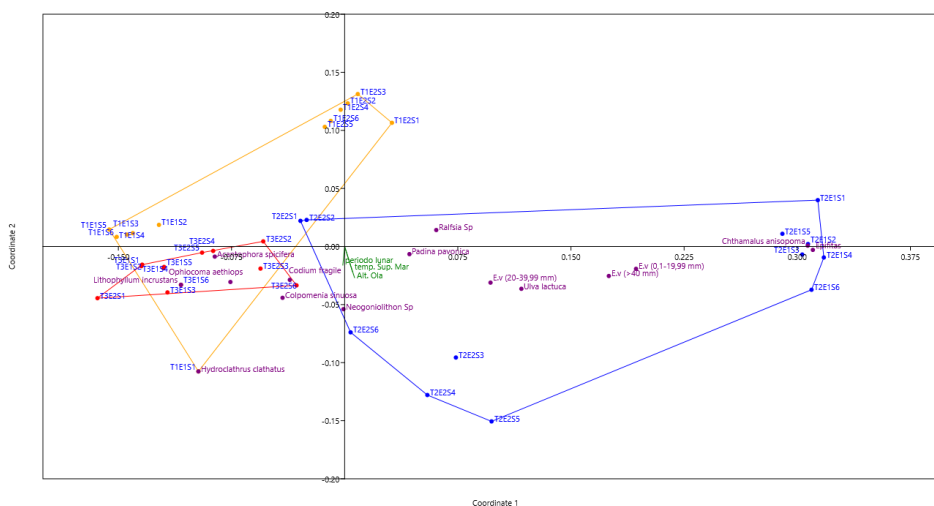
Tabla I: Listado total de algas encontradas en el área de estudio.

Rhodophytas	Chlorophytas	Phaeophytas
<i>Lithophyllum incrustans</i>	<i>Codium fragile</i>	<i>Padina pavonica</i>
<i>Neogoniolithon</i> Sp.	<i>Ulva lactuca</i>	<i>Colpomenia sinuosa</i>
<i>Acantophora spicifera</i>	<i>Acetabularia</i> Sp.	<i>Hydroclathrus clathratus</i>
<i>Coralina linaeus</i>		<i>Ralfsia</i> Sp.

Tabla II: Listado de invertebrados mareales en el área de estudio.

Crustáceos	Moluscos	Equinoideos
<i>Chthamalus</i>	<i>Fissurella</i>	<i>Ophiocoma</i>
<i>anisopoma</i>	<i>macrotrema</i>	<i>aethiops</i>
	<i>Tridachiella</i>	<i>Holothuria</i>
	<i>diomedea</i>	<i>lubricata</i>
	<i>Tayuva ketos</i>	<i>Holothuria</i>
		<i>impatiens</i>

Análisis NMDS para el periodo de diciembre 2019-enero 2020



Gráfica 1: Análisis NMDS de Distribución del erizo *E. vanbrunti* en el intermareal rocoso de San Lorenzo, Salinas, diciembre, 2019-enero 2020

Durante el periodo de diciembre, 2019-enero 2020, la primera estación del transecto 2, se ubica más alto que las otras estaciones y es poco intervenida por el oleaje durante las mareas bajas, formando pozas, esto permite que en esta estación la asociación sea muy fuerte con bálanos de la especie *Chthamalus anisopoma*, comunidades de algas Epifitas y algas costrosas como *Neogonolithon* Sp. Así mismo, Menge et al. (1983) menciona que las pozas en su estudio ocupadas por erizos de mar suelen estar pavimentadas con coralinas costrosas (un pavimento de múltiples especies y géneros de especies difíciles de identificar), en las paredes y tienen superficies de roca desnuda en el fondo, Además Chavez et al. (1982) mencionan que los balanos como *Chthamalus stellatus* prefiere asentarse en zonas

altas del intermareal. El transecto 1 y el transecto 3 tienen un alto grado de asociación entre sí debido a que se encuentran en zonas más bajas y son constantemente azotadas por el oleaje en marea baja.

Echinometra vanbrunti tienen un alto grado de asociación con las algas verdes *Ulva lactuca*, además la presencia del *E. vanbrunti* parece ser constante en el intermareal, como lo menciona Caso et al., (1996) en su estudio, la población de *E. vanbrunti* se mantiene constante en la Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México aunque con fluctuaciones ligeras en sus valores de abundancia. Por otro lado, los erizos marinos tienen una asociación negativa con el sustrato del primer transecto, al estar ubicado en la zona más baja, pues parecen preferir zonas más altas para alimentarse como en la primera estación del transecto 2.

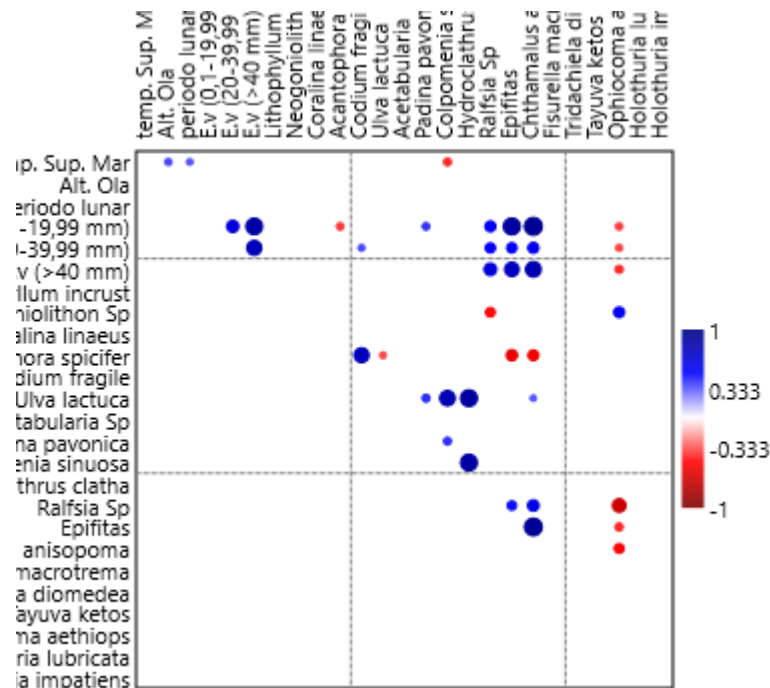
Mientras las especies *Lithophyllum incrustans*, *Ophiocoma aethiops*, *Acantophora spicifera*, *Codium fragile* y *Colpomenia sinuosa*, están asociadas al transecto 3 y su asociación con los erizos marinos *E. vanbrunti* se considera negativa debido a la presencia de estos organismos (Ver Gráfica 1). Así mismo lo mencionan Menge et al. (1983), en su estudio con el uso de pozas artificiales, para estudiar el desarrollo de comunidades en hábitats marinos crípticos en una región intermareal rocosa trópica, señala que en Tabobilla, las pozas que carecen de erizos están dominados con mayor frecuencia por espacios desnudos o costras de algas, mientras que en Tórtola, estas pozas son dominadas por colonias de animales sésiles, además, el número de categorías o especies que cubren $\geq 10\%$ por poza es más variable, en pozas que carecen de erizos es decir, el número de especies dominantes aumenta

por poza hasta cuatro veces con la presencia del erizo (Tabobilla), pero hasta 10 veces cuando está ausente (Tórtola).

Esto confirma que *E. vanbrunti* modifica el hábitat donde se encuentre, pues, su ausencia ocasiona un aumento exponencial de especies. Aun así, Nuñez, (2013) observo que el número de especies esperadas será mayor en zonas topográficamente más complejas, debido a que en su estudio las zonas intermedias y de rompiente existen más especies asociadas al erizo comparado con la zona de pozas de marea.

El erizo marino *E. vanbrunti* no presenta una relación significativa con las condiciones ambientales (Temperatura superficial del mar, altura de la ola y periodos lunares) (Ver gráfica 2).

Correlación R de Pearson ($p < 0,05$) para el periodo de diciembre 2019-enero2020



Gráfica 2 Correlación lineal r de Pearson ($p < 0,05$) del sustrato en el intermareal rocos de San

Lorenzo, diciembre, 2019-enero 2020

La correlación r Pearson ($p < 0,05$) muestra una correlación positiva muy alta de 0,87 entre los erizos pequeños con un tamaño menor a 19,99mm de diámetro de testa y las algas epifitas, lo que podría significar que su presencia permite el crecimiento de estas algas. Además, presenta una correlación positiva muy alta de 0,91 con los balanos *Chthamalus anisopoma*, permitiendo que su presencia aumente la densidad de erizos sobre el sustrato. Mientras muestra una correlación moderada con las algas incrustantes *Ralfsia* Sp. con un valor de 0,55. (Menge et al., 1983), comenta que en las pozas artificiales de su estudio, cuando *E. vanbrunti*, *Fissurella virescens* y *F. longifissa* estaban presentes, colonizaron las especies incrustantes como *Ralfsia* Sp. pese a que fueron sustituidas gradualmente por corralinas costrosas. Esto podría significar que en presencia del erizo *Ralfsia* Sp. prolifera con mayor facilidad.

Así mismo, los erizos pequeños de *E. vanbrunti* muestran un grado de correlación moderada con *Padina pavonica* con un valor de 0.40, esto significa que su presencia permite su desarrollo sin hacerlo desaparecer del ambiente que ocupan. Por otro lado, el grado de correlación entre los erizos menores a 19,99 mm de diámetro de testa y las algas rojas *Acantophora spicifera* con un valor de -0.39 es negativo bajo, igualmente la correlación con *Ophiocoma aethiops* es negativa baja con un valor de -0,38, esto puede significar que si las algas *A. spicifera* y los ofiuroideos *O. aethiops* se encuentra en altas densidades no permitirá que el erizo se asiente sobre el sustrato y buscará una zona diferente para alimentarse; de forma contraria ocurriría si las

densidades de este erizo son muy altas, complicará el asentamiento de dichas especies (ver gráfica 1).

Los erizos marinos *E. vanbrunti* de tallas de 20-39,99 mm, muestran un valor estadístico r de Pearson de 0.35, con *Codium fragile*, además, esta correlación es significativa, por lo que se afirma, con un 95% de confianza, que en el intermareal rocoso hay una correlación positiva baja con esta especie. Bajo este mismo contexto, *E. vanbrunti* (20-39,99 mm), muestra un valor r de Pearson de 0, 51 con las algas incrustantes *Ralfsia* Sp. y 0,52 con las algas epifitas, la correlación con estas algas es positiva moderada, lo que puede significar que prefiere alimentarse de estas algas, así lo confirma Calva (2003), asegurando que *E. vanbrunti* se alimenta de organismos incrustantes, particularmente de esponjas, macroalgas y masas calcáreas. La correlación del erizo con este tamaño y *C. anisopoma* es positiva moderada con un valor 0.56, lo que significa que el erizo permite el asentamiento de balanos en el sustrato rocoso y puede verse beneficiado de su presencia.

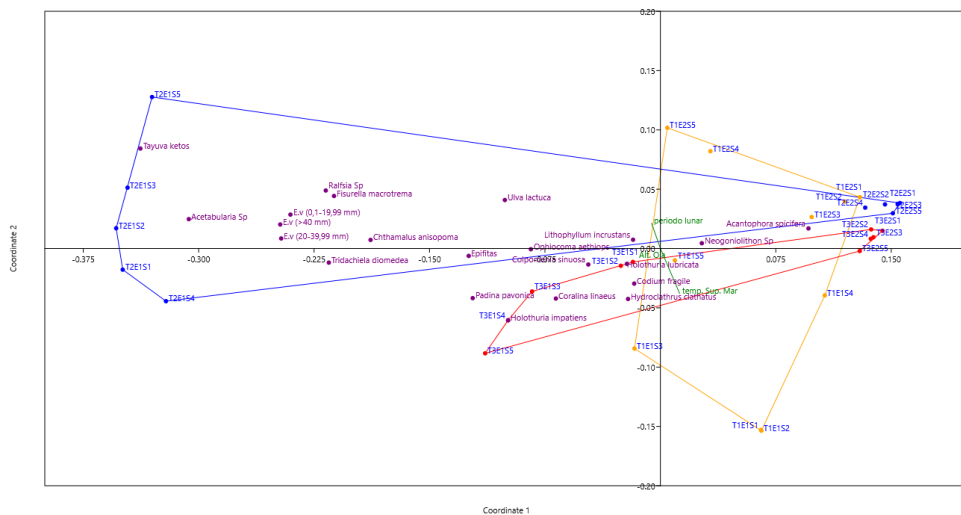
La correlación que muestra *E. vanbrunti* (20-39,99 mm), con *O. aethiops*, es negativo baja con un valor -0.36, lo que podría significar que *E. vanbrunti* rechaza los lugares donde se encuentra el ofiuroides; sin embargo, estos resultados indican que pueden convivir en el mismo medio.

E. vanbrunti de talla $s > 40$ mm, muestra una correlación fuerte con algas epifitas y *Chthamalus anisopoma*, con valores de relación de 0,74 y 0,80, lo que podría significar que la zona de alimentación del erizo se caracteriza por la presencia de

algas epifitas, y su presencia permite el crecimiento de estas algas. Así mismo, *Chthamalus* podría verse beneficiado con la presencia de *E. vanbrunti*, permitiendo un aumento en su población.

Mientras, la correlación con *Ralfsia* Sp. es moderada, con un valor de 0,64, lo que nos permite deducir que la presencia del erizo contribuye al crecimiento de estas algas. Para el caso de *O. aethiops* se observa una correlación negativa moderada con los erizos de mayor tamaño, lo que puede significar que el erizo compite con el ofiuroides (ver grafica 2).

Análisis NMDS para el periodo junio-julio 2022

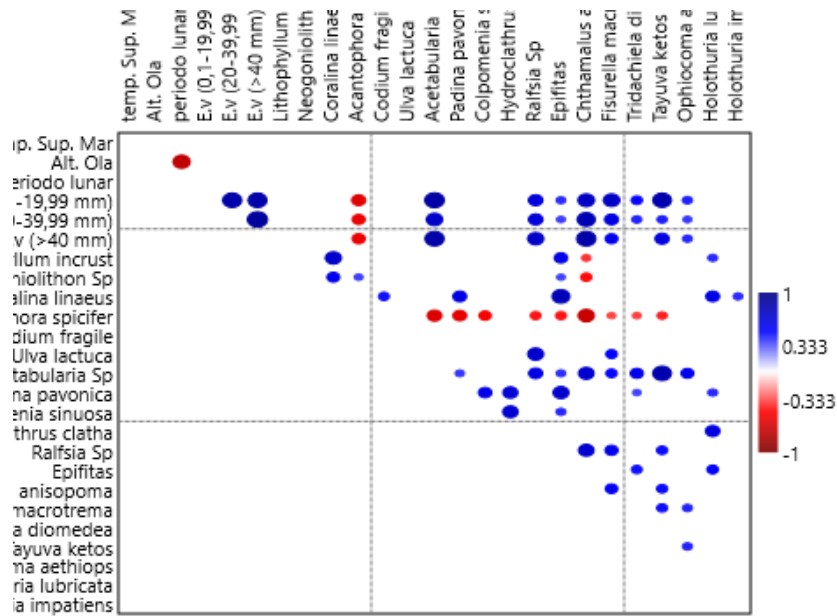


Gráfica 3: NMDS para el sustrato del intermareal rocoso de San Lorenzo, Santa Elena, junio-julio 2022

El periodo de junio— julio de 2022 se caracteriza por un aumento en el nivel del mar, y un descenso en la temperatura, comparado con el periodo de diciembre 2019-enero 2020, que fue más cálido y seco. Esto hizo que el sustrato se modificara en

cierta medida, mostrando una mayor asociación entre las estaciones más bajas cercanas al mar, y la asociación con las zonas altas sea moderada. Así como en la temporada mencionada anteriormente, los erizos se encuentran estrechamente asociados en sus diferentes rangos de talla, además se puede notar una fuerte asociación de las algas incrustantes *Ralfsia* Sp. y el molusco *Fisurella macrotrema*. Por otro lado, los erizos muestran una fuerte asociación negativa con las algas rojas *A. spicifera*. Como ocurrió en el periodo anterior, los erizos presentan una asociación negativa fuerte con el transecto 1, lo que puede significar que *E. vanbrunti* preferirá asentarse en zonas más altas. También se puede observar que las especies *Holoturia impatiens* y *H. lubricata* están directamente asociadas con el transecto 3; este transecto se caracteriza por estar fuertemente intervenido por un oleaje fuerte y está rodeado de rocas que permiten una zona más oscura y que los detritos se mezclen en esta zona, por ello las especies *Coralina linnaeus*, *Hydroclathrus clathatus*, *Padina pavonica*, *Codium fragile* podrían estar asociados a este transecto (Ver gráfica 3). Por otro lado, Menge et al. (1983) aseguran que la acción del oleaje impide la adición de consumidores en el mes de junio en Tórtola. Por esta razón, el erizo pudo preferir buscar zonas más altas para alimentarse.

Correlación r de Pearson ($p < 0,05$) para el periodo junio-julio 2020



Gráfica 4: Correlación lineal r de Pearson ($p < 0,05$) del sustrato en el intermareal rocos de San Lorenzo, junio-julio, 2022

En este periodo tampoco se observó una relación significativa entre *E. vanbrunti* y las condiciones ambientales (temperatura superficial del mar, altura de la ola, y periodos lunares).

Así como el periodo de diciembre 2019-enero 2020, *Acanthophora spicifera* y *E. vanbrunti* presentan una correlación negativa, siendo alta con los erizos con tamaño menor a 19,99 mm, con un valor de -0,61; modera con los erizos mayores a 20 mm, con un valor de -0,56; moderada con los erizos mayores a 40 mm, con un valor de -0,57. Por otro lado, se puede observar un muy alto grado de correlación r Pearson entre los erizos más pequeños y los más grandes, con *Acetabularia* sp., con valores de 0,85 y 0,83 respectivamente, además de una correlación alta con los erizos de 20-39,mm de diámetro de testa. Esto podría significar con un 95% de confianza que

la presencia de los erizos *E. vanbrunti* permite el asentamiento de *Acetabularia* sp. en el intermareal rocoso, y conforme aumenta la población de erizos, aumenta la población de *Acetabularia*. Acompañado de la presencia de *Tayuva ketos* que muestra una correlación muy alta con *Acetabularia spicifera*, con un valor de 0,81; mientras *T. ketos* también muestra correlación con *E. vanbrunti*, muy alta con los erizos con tamaño menor de 19,99 mm de diámetro de testa, con el valor de 0,81; moderada con los erizos con tamaño de 20-39,99 mm y alta con los erizos mayores 40 mm de diámetro de testa, con el valor de 0,62.

Las algas epifitas mostraron tener correlación *r* de Pearson moderada positiva con la especie *E. vanbrunti* con un valor de 0,41 con los erizos menores a los 19,99 mm de diámetro de testa y una correlación baja positiva valor de 0,38, lo que podría significar una preferencia por el erizo para alimentarse donde se encuentren algas epifitas.

Ralfsia Sp. muestra una correlación *r* de Pearson más fuerte con el erizo que en el periodo anterior, siendo alta con los tres rangos de tamaño, con valores de 0,63 para los de menor tamaño; 0,63 para los que tienen tamaño entre 20-39,99 mm; 0,70 con los erizos mayores a los 40 mm de diámetro de testa esto confirma que la presencia *Ralfsia* Sp. permite el asentamiento de *E. vanbrunti* en el intermareal rocoso y un aumento en su densidad. Algo similar encontró Paredes, (2010) que hay un patrón de variación, cuando aumenta la abundancia de algas incrustantes café, aumenta la densidad de erizos lapicero y, por el contrario, desciende la densidad de los erizos verdes.

Chthamalus anisopoma registró un alto grado de correlación positiva con *E. vanbrunti* con valores de 0.73 con los erizos pequeños; 0.79 con los erizos medianos; 0.84 con los erizos más grandes, esto confirma con un 95% de confianza, que la presencia del erizo *E. vanbrunti* contribuye al asentamiento de *Chthamalus anisopoma*.

Fissurella macrotrema tiene una correlación positiva con *E. vanbrunti*, es más alta con los erizos de pequeño tamaño con un valor r de Pearson de 0,72, también tuvo una correlación positiva fuerte con los erizos de 20 a 39,99 mm de diámetro de testa con un valor de 0,61, y moderada con los erizos de mayor tamaño, con un valor de 0,56, esto podría significar que encontraremos a *F. macrotrema* compartiendo el mismo sustrato con *E. vanbrunti*.

Tridachiella diomedea tiene correlación positiva moderada con los erizos pequeños y medianos, con valores de 0,49 y 0,43, mientras es más baja con los erizos de mayor tamaño con un valor de 0,35. Esto puede significar que podríamos encontrar a *T. diomedea* alimentándose cerca de *E. vanbrunti*, debido a que se alimenta del mismo tipo de sustrato.

Por último, *Ophiocoma aethiops* mostró correlaciones positivas moderadas con el erizo en este periodo, en especial con los *E. vanbrunti* de pequeño tamaño y los más grandes de la especie, con valores de 0,44 y 0,42 respectivamente, además de presentar una correlación positiva baja con los erizos de mediano tamaño, con un valor de 0,38. Esto nos asegura que *O. aethiops* compite por alimento en zonas donde se encuentra el erizo *E. vanbrunti*. Y lo confirma (Caso et al., 1996)

mencionando que comparten la misma forma de alimentación de forma infaunal y semifaunal.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Referente al primer objetivo, los erizos marinos presentes en el área de estudio fueron identificados diferenciando sus características mediante claves de identificación en el laboratorio, como los erizos negros *Echinometra vanbrunti*, tanto de machos como de hembras, como único erizo marino del género *Echinometra* en el intermareal rocoso de San Lorenzo, Santa Elena.

La aparición del erizo modifica el sustrato donde se encuentra, pues su presencia disminuye en gran medida la existencia de especies dominantes. Y su ausencia provoca un aumento en la variedad de especies en zonas donde *E. vanbrunti* no se alimenta, aceptando la hipótesis de que la presencia de este erizo modifica el sustrato rocoso.

El intermareal rocoso de San Lorenzo, Santa Elena se caracteriza por la asociación de las algas *Acantophora spicifera* en la parte baja del intermareal, próximo a la rompiente, mientras que en la parte alta se encuentra más abundante las algas epifitas e incrustantes y colonias de balanos *Chthamalus anisopoma*.

Los erizos marinos *E. vanbrunti* se agregan en zonas de alimentación más altas en el intermareal rocoso, donde se forman pozas marinas.

Los factores ambientales, temperatura superficial del mar y periodos lunares no modifican el asentamiento del erizo sobre el sustrato, estuvo más condicionado al tipo de sustrato (zonas de alimentación), que a las variaciones ambientales.

El erizo negro prefiere alimentarse en zonas donde abundan las algas epifitas e incrustantes, *Ralfsia* Sp., además contribuye al asentamiento de balanos *Chthamalus anisopoma*.

El erizo marino *E. vanbrunti* compite por alimentación en zonas donde se encuentra el ofiuroido *Ophiocoma aethiops*, mientras que los erizos de mediano tamaño (20-39,99 mm de diámetro de testa), tienden a realizar un mayor esfuerzo por alimentarse debido a que en esa talla se encuentra a varias especies que compiten por su dieta objetiva como las babosas *Tayuva ketos* o *Tridachiella diomedea*.

El aumento en la población de *E. vanbrunti* en zonas más altas del intermareal puede deberse a la ausencia de depredadores objetivos para esta especie

Se recomienda realizar estudios genéticos para identificar posibles mutaciones de *E. vanbrunti* frente a la contaminación por hidrocarburos.

Se recomienda medir parámetros ambientales como el hidrodinamismo en el intermareal rocoso, el asentamiento del erizo en diferentes tipos de suelo o cambios morfológicos y adaptativos a la contaminación por hidrocarburos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agassiz, A. (1863). *List of Echinoderms sent to different Institutions in Exchange for other Specimens, with Annotations.pdf* (N.º 2; 1-13, Vol. 1).
- Alvarado, J., Reyes-Bonilla, H., & Benítez-Villalobos, F. (2015). Diadema Mexicanum, erizo de mar clave en los arrecifes coralinos del Pacífico Tropical Oriental: Lo que sabemos y perspectivas futuras (Diadematoida: Diadematidae). *Revista de Biología Tropical*, 63(2), 135-157. <https://doi.org/10.15517/rbt.v63i2.23140>
- Amaya, V. (2007). *Echinometra vanbrunti* (Echinometridae) como hospedero de relaciones comensalistas en el Pacífico Colombiano. *Acta biológica colombiana*, 12(1), 57-66.
- Borrero, G., Benavides, M., & Diaz, C. (2012). Equinodermos del Caribe colombiano II: Echinoidea y Holothuroidea. En G. Borrero Perez, M. Benavides Serrato, & C. Diaz Sanchez (Eds.), *Serie de Publicaciones Especiales de Invemar* (30.^a ed.). Serie de Publicaciones Especiales de Invemar.
- Brusca, R. (1980). Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California. Richard C. Brusca. En W. Banta, L. Barnard, W. Brown, C. Allan, J. Haig, F. G. Hochberg, R. Houston, J. Kudenov, V. Roth, & E. Snider-Conn (Eds.), *The*

Quarterly Review of Biology (Second Edi, Vol. 56, Número 1). Library of Congress Cataloging. <https://doi.org/10.1086/412129>

Cabanillas, N. (2009). *Ecología y Estatus Trófico del Erizo de Mar Diadema antillarum (Philippi, 1845) en los Fondos Rocosos de las Islas Canarias*. Universidad de las Palmas de Gran Canaria.

Calva, L. (2003). Hábitos Alimenticios de Algunos Equinodermos. Parte 2 Erizos de mar y Pepinos de mar. *ContactoS*, 47, 54-63. https://www.researchgate.net/publication/237483841_Habitos_Alimenticios_de_Algunos_Equinodermos_Parte_2_Erizos_de_mar_y_Pepinos_de_mar

Camus, P., & Lagos, N. (1996). Variación espacio-temporal del reclutamiento en ensamblajes intermareales sésiles del norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69, 193-204.

Casas, D. (2011). Estadio de Conservación de la comunidad arrecifal presente en Isla Fuerte-Bolívar (Colombia) [Pontifica Universidad Javeriana]. En *Pontifica Universidad Javeriana*. <http://hdl.handle.net/10554/8840>

Caso, M. (1961). Estado actual de los conocimientos acerca de los equinodermos de México [University of Berbeley]. En *Museum Comparative Zoology*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Caso, M., Laguarda, A., Solís, F., Ortega, A., & Durán, A. (1996). Contribución al conocimiento de la ecología de las comunidades de equinodermos de la Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 22(1), 101-119.

- Chavez, E., Chavez, Z., & Parra, M. (1982). Contribucion al conocimiento de las comunidades de la zona de mareas en la costa rocosa cercana a Laguna Verde, Veracruz (México). *Anales de la ciencia nacional de ciencias biológicas*, 16(2), 101-109.
- Cintra-Buenrostro, C. (1997). *Sinopsis taxonómica y biogeografía ecológica de asteroideos (Echinodermata: Asteroidea) Del Golfo de California*. Universidad Autónoma de Baja California.
- Díaz, J. (2010). Ecología Poblacional del erizo de mar *Diadema mexicanum* A. Agassis, 1863 (Echinodermata: Echinoidea) en dos comunidades arrecifales de las Bahías de Huatulco, Oaxaca. En *Universidad del Mar*. Universidad del Mar.
- FAO. (1995). Clase Echinoidea— Echinometridae. En W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter, & V. H. Niem (Eds.), *Pacífico Centro-Oriental* (p. 645).
- Glynn, P. W. (1997). Bioerosión and Coral-Reef Growth: A Dynamic Balance. En *Life and Death of Coral Reefs* (pp. 68-95). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5995-5_4
- González, J. (2009). *Contribución al conocimiento del erizo de mar Paracentrotus lividus (Lamarck, 1816): ciclo gonadal y dinámica de poblaciones*. Universidad de Cantabria.
- González, S. (2004). Biología poblacional del erizo *Echinometra vanbrunti* (Echinodermata: Echinoidea), en el Sur del Golfo de California, México. En

Centro de investigaciones Biológicas del noroeste, S. C. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.

Herrero, M., Ramírez, G., Rosales, M., & Reyes, H. (2015). Densidad poblacional y distribución espacial de erizos de mar (Echinodermata : Echinoidea) en la Isla Socorro, Archipiélago de Revillagigedo, México. *Biológica Tropical*, 63(junio), 221-232. <https://doi.org/10.15517/rbt.v63i2.23156>

Hurlbert, S. (1990). Spatial Distribution of the Montane Unicorn. *Oikos*, 58(3), 257. <https://doi.org/10.2307/3545216>

Lawrence, J. (2007). Edible Sea Urchins: Use and Life-History Strategies. En J. Lawrence (Ed.), *Edible Sea Urchins: Biology and Ecology* (Número 1, pp. 1-9). Elsevier Science B.V. [papers3://publication/uuid/42D2648F-7A65-487F-958A-6B98CC020755](https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52075-5)

León, A., & Salvador, M. (2019). Distribución espacial de macroinvertebrados bentónicos móviles en el intermareal rocoso de San Lorenzo, Ecuador. *Revista de las Agrociencias*, 1(21), 17-30. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i21.1549

Lessios, & Cunningham. (1990). Gametic incompatibility between species of the sea urchin *Echinometra* on the two sides of the Isthmus of Panama. *Evolution*, 44(4), 933-941.

Lozano, D., Londoño, E., & Zapata, F. (2011). Bioerosión de Sustrato Rocosos por Erizos en Bahía Málaga (Colombia), Pacífico Tropical. *Revista de Ciencias*, 15, 9-22. <https://doi.org/10.25100/rc.v15i0.513>

- Maciel, C., Manríquez, N., Octavio, P., & Sánchez, G. (2015). Geographical distribution of the species: a concept review. *Acta Universitaria*, 25(2), 3-19. <https://doi.org/10.15174/au.2015.690>
- Martinez, E. (2012). Plan de Manejo Pesquero de erizo rojo *Strongylocentrotus fransiscanus* y erizo mora *Strongylocentrotus purpuratus* en la península de Baja California. En *Diario Oficial de la Federación*. https://www.e-casa.com.mx/dof/2016/dic/02122016_nom-002-sagarpa-2016.pdf
- McClanahan, T., & Muthiga, N. (2013). Ecology of Echinometra. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, 38(August 2018), 337-353. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396491-5.00023-X>
- Menge, B., Ashkenas, L., & Matson, A. (1983). Use of artificial holes in studying community development in cryptic marine habitats in a tropical rocky intertidal region. *Marine Biology*, 77(2), 129-142. <https://doi.org/10.1007/BF00396310>
- Miloslavich, P., & Carbonini, A. K. (2010). Manual de muestreo para comunidades costeras Protocolo para Litorales Rocosos y Praderas de Fanerógamas Marinas. En P. Miloslavich & A. K. Carbonini (Eds.), *Proyecto del Centro de Biodiversidad Marina* (Centro de Biodiversidad Marina).
- Mite, G., & Gonzabay, P. (2009). *Elaboración del Catálogo de Invertebrados Marinos Bentónicos Macroscópicos (Equinodermos, Moluscos y Crustáceos) de la Zona Intermareal Rocosa Norte del Balneario "Ballenita" Desde el mes de junio a diciembre* [Universidad Estatal Península de Santa Elena].

[https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/839/1/Mite Defaz Y Gonzabay Muñoz-2009.pdf](https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/839/1/Mite%20Defaz%20Y%20Gonzabay%20Mu%C3%B1oz-2009.pdf)

Neira, R., & Cantera, J. (2005). Composición taxonómica y distribución de las asociaciones de equinodermos en los ecosistemas litorales del Pacífico Colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 53(3), 195-206.
<https://doi.org/10.15517/rbt.v53i3.26776>

Nuñez, G. R. Z. (2013). *Relaciones entre el erizo de mar Echinometra lucunter (Echinodermata: Echinoidea) y su fauna acompañante en la zona intermareal de la plataforma rocosa de la Playa de Cepe, Estado Aragua*. Universidad Central de Venezuela.

Obonaga, L., Zucconi, M., & Londoño-Cruz, E. (2017). Bioerosión por ramoneo en los arrecifes coralinos del Pacífico colombiano: el caso de *Diadema mexicanum* (Echinoidea: Diadematidae). En *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* (N.º 2; Vol. 46, Número 2).
<https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2017.46.2.726>

Paredes, R. (2010). *Erizos de mar: Dinámica poblacional y reclutamiento de larvas en la isla San Cristóbal en el Archipiélago de Galápagos-Ecuador*. Universidad de San Francisco de Quito.

Parma, A., Pascual, M., & Sar, E. (1987). Clave para el reconocimiento de los generos de algas macrofitas del intermareal rocoso bonaerense. *Serie Técnica y Didáctica, Universidad Nacional de la Plata*, 15(June 2014), 30.

Ponce, B. (2017). *Caracterización de arrecifes rocosos de la costa del Pacífico de*

Ecuador usando la metodología Reef Check [Escuela Agrícola Panamericana].
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8840/tesis785.pdf;jsessionid=51C9D2C224762673F600D4F4871325DA?sequence=1>

Quinn, S., & Benito, O. (2013). *Determinación de la biodiversidad de equinodermos (Echinodermata) en aguas someras de Corn Island, Nicaragua*.
Universida Nacional Autonoma de Nicaragua.

Racines, A. (2019). *Memorando interno No.25-MERNNRDSA-2019*.
<https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2019/07/2260-1716283054-Racines-Paredes-Andrea-Magdalena.pdf>

Rahman, A., Arshad, A., & Yusoff, F. (2007). Sea Urchins (Echinodermata: Echinoidea): Their Biology, Culture and Bioactive Compounds. *Proceedings of the 26th Chinese Control Conference, CCC 2007*, 589-591.
<https://doi.org/10.1109/CHICC.2006.4347443>

Reyes, J. (2019). Comportamiento de la temperatura y la precipitación del perfil costero ecuatoriano en el año 2018. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 23(1), 1-10.

Sanchez, P., Cesar, A., Cortéz, F., Pererira, C., & Silva, S. (2001). Spatial distribution of the most abundant sea urchin populations on the Southeast coast of Saó Paulo (Brazil). *Ciencias Marinas*, 27(1), 139-153.
<https://doi.org/10.7773/cm.v27i1.371>

Sawyer, A. (1989). Inconstancy of Taylor's b: Simulated sampling with different quadrat sizes and spatial distributions. *Researches on Population Ecology*,

31(1), 11-24. <https://doi.org/10.1007/BF02515802>

Servicio de Parques Nacionales. (2001). *Manual para el Monitoreo de Arrecifes de Coral en el Caribe y el Atlantico occidental* (C. Rogers (ed.); segunda ed.). <http://www.irf.org/wp-content/uploads/2015/10/ManualparaMonitoreodeArrecifes.pdf>

Soberón, J., Osorio-Olvera, L., & Peterson, T. (2017). Diferencias conceptuales entre modelación de nichos y modelación de áreas de distribución. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(2), 437-441. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.011>

Soberón, J., & Peterson, T. (2005). Interpretation of models of Fundamental ecological niches and especies distributional areas. *Biodiversity informatics*, 2, 1-10.

Soriano, S. (2014). *Evaluación de los bancos naturales del erizo negro (Echinometra vanbrunti) en la zona intermareal rocosa del balneario de Ballenita y comuna La Entrada, Provincia de Santa Elena, durante noviembre 2013-abril del 2014* [Universidad Estatal Peninsula de Santa Elena]. [http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/1469/1/Sandra Elizabeth Soriano Bailón.pdf](http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/1469/1/Sandra%20Elizabeth%20Soriano%20Bail%C3%B3n.pdf)

Steneck, R. (2013). Sea urchins as drivers of shallow benthic marine community structure. En J. Lawrence (Ed.), *Developments in Aquaculture and Fisheries Science* (3.^a ed., Vol. 38, pp. 195-212). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396491-5.00014-9>

- Toro, G., Cantera, J. R., Londoño, E., Orozco, C., & Neira O, R. (2004). Patrones de distribución y tasas de bioerosión del erizo *Centrostephanus coronatus* (Diadematoida: Diadematidae), en el arrecife de Playa Blanca, Pacífico Colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 52(1), 67-76. <https://doi.org/10.15517/rbt.v52i1.14703>
- Tuya, F., Cisneros-Aguirre, J., Ortega-Borges, L., & Haroun, R. J. (2007). Bathymetric segregation of sea urchins on reefs of the Canary Archipelago: Role of flow-induced forces. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73(3-4), 481-488. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.02.007>
- Vega, W., & Romero, V. (2011). Patrón de distribución espacial de *Paracentrotus lividus*. *Anales Universitarios de Etología*, 5, 21-30.
- Vera, L., Lucero, M., & Mindiola, M. (2009). Caracterización Oceanográfica de la costa central ecuatoriana entre la Punta del Morro y Jaramillo, Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 15(1), 1-17. <http://www.inocar.mil.ec/web/index.php/publicaciones/category/17-acta-oceanografica-del-pacifico-vol-15-n-1-2009>
- Warne, J., & Marshall, N. (1969). Marine borers in calcareous terrigenous rocks of the Pacific Coast. *Am. Zoologist*, 9(3), 765-774. <https://doi.org/10.1093/icb/9.3.765>
- Zunino, M., & Zullini, A. (2003). *Biogeografía: La dimensión espacial dell'evoluzione*. Casa Editrice Ambrosiana.

ANEXOS

Identificación de la especie

Fuente: (Brusca, 1980)

- 1 -El cuerpo tiene forma ovalada o globoso (erizo).....7
- Cuerpo con forma discoidal, o aplanado (dólar de mar).....2
- 2(1) -Testa con agujeros, hendiduras o muescas (lunares).....3
- Lunares ausentes.....5
- 3(2) -Los lunares son estrechos y con hendiduras; testa extremadamente aplanada y frágil; el diámetro máximo de disco es de unos 75 mm.....*Mellita longifissa*
- Lunares redondeados, no rajados; testa más gruesa y robusta; diámetro máximo del disco alrededor de 130 mm.....4

- 4(3) -Lunar posterior grande e interna, otros lunares todos abiertos en el margen.....*Encope grandis*
- Todos los lunares internos.....*Encope micropora*
- 5(2) -Testa circular u ovalada, con márgenes inter- radiales.....*Clypeaster rotundus*
- Testa más o menos pentagonal, con márgenes inter- radiales, cóncavos o rectos....6
- 6(5) -Diámetro de testa puede llegar a los 200 mm; color rosa pálido o rojo.....*Clypeaster europacificus*
- Diámetro de testa rara vez mayor a 130 m; color púrpura oscuro a negro.....*Clypeaster testudinarus*
- 7 (1) -Cuerpo globoso (erizos normales).....8
- Cuerpo ovalado a esférico.....17
- 8 (7) -Testa armada con filas de espinas contundentes en forma de palos; espinas usualmente cubiertas con organismos incrustados.....*Eucidaris thouarsii*
- Testa armada con espinas afiladas y puntiagudas; las espinas

- rara vez, con organismos
incrustados,.....9
- 9 (8) -Espinass cortas, más cortas que la anchura de la
testa.....10
- Espinass largas, más largas que la anchura de la
testa.....12
- 10(9) -Los pedicelarios terminan en “ventosas” petaloides sobre las que a menudo
se fijan trozos de algas u otros
desechos.....*Toxopneustes roseus*
- Pedicelarios no como el
anterior.....11
- 11(10) -Diámetro de testa de hasta 50 mm; membrana bucal (peristoma) provista
de placas duras; color pálido pajizo a verdoso con un tenue tono
rosado.....*Lytechinus pictus*
- Diámetro de testa de hasta 150 mm; desprovista de membrana bucal
(peristoma) con placas duras; color de fondo rosa a púrpura, espinas
marrones
pálido.....*Tripneustes depressus*
- 12(9) -Superficie con 5 filas sin espinas que bajan desde el polo aboral...*Arbacia incisa*

-Superficie con 5 filas sin espinas que bajan desde polo aboral,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,13

13(12) -Las espinas son unicolor, no están anilladas.....14

-Las espinas con bandas de 2 o más colores, u oscuras en la base y más claras en la parte distal.....15

14 (13)-Espinass con numerosas púas, que se proyectan hacia la punta de cada espina; la longitud de las espinas más largas es más de 2 veces el tamaño de la testa.....*Diadema mexicanum*

-Espinass sin púas; longitud de las espinas más largas menos de 2 veces el tamaño de la testa.....*Echinometra vanbrunti*

15 (13)-Espinass sin banda o con banda cerca de la base solamente; espinass no anuladas; cuerpo de erizo de lavanda con 5 grandes manchas inter- radiales pálidas.....*Astropyga pulvinata*

-Espinass anilladas cerca de la punta, o de 2 colores (marrón basalmente rojizo distalmente); espinass con anillos; cuerpo del erizo unicolor, no manchado como arriba.

16(15) -Espinelas claviformes cortas presentes en la mayoría de las placas Interambulacrales superiores; el peristorio (alrededor de la boca) lleva espinas, así como pediculares.....***Centrostephanus***

coronatus

-Sin espinelas claviformes en la mayoría de las placas interambulacrales superiores; el peristorio (alrededor de la boca) solo tiene pedicelios, sin espinas.....***Diadema***

mexicanum

17(7) -Erizos con numerosas espinas dorsales (sub igual a la anchura de la testa) color púrpura; cuerpo fuertemente ovalado.....***Lovenia***

cordiformis

-Erizo con espinas muy cortas, recortadas en ocasiones, de color bronceado a marrón oscuro, cuerpo ligeramente ovalado a esférico.....18

18 (17)-Testa alargada-oval (el ancho es de 0,77 a 0,84 por ciento de la longitud) superficie aboral con un patrón de estrellas de 5 puntas bien definido; testa y espinas de gris a blanco.....***Brissus***

latecarinatus

-Testa más circular (el ancho es de 0,82 a 0,93 por ciento de la longitud); superficie aboral con un patrón de estrellas de 5 puntas mal definido; testa y espinas casi siempre uniformemente marrón apagado.....19

19 (18)- tamaño de 15 a 60 mm; testa extremadamente redonda; ocasionalmente con espinas blancas.....*Agassixia*

scrobiculata

-tamaño de 70 a 150 mm; testa ovalada; nunca con espinas blancas.....*Meoma*

grandis

Tablas

Tabla III: Ficha de campo de registro de tipos y porcentajes de sustrato, cantidad y tamaño de los erizos

Sitio **Observador**

Fecha **Hora**

	Transecto 1		Transecto 2		Transecto 3	
sustrato	E1	E2	E1	E2	E1	E2

	Transecto 1		Transecto 2		Transecto 3	
Tamaño <i>E. vanbrunti</i> (mm)	E1	E2	E1	E2	E1	E2
0-19,99 mm						
20-39,99 mm						
>40 mm						

Tabla IV: correlación r de Pearson de los *E. vanbrunti* vs. sustrato en el periodo diciembre 2019, enero 2020

	<i>E. v</i> (0- 19,99 mm)	<i>E. v</i> (20- 39,99 mm)	<i>E.</i> <i>v</i> (>40 mm)
<i>Temp. Sup. Mar</i>	0,08	0,08	0,15
<i>Alt. Ola</i>	0,15	0,19	0,09
<i>Periodo lunar</i>	-0,07	-0,09	0,03
<i>Lithophyllum</i>			
<i>incrustans</i>	0,01	-0,02	-0,08
<i>Neogoniolithon</i> Sp.	-0,15	-0,04	-0,11
<i>Coralina linnaeus</i>	0,00	0,00	0,00
<i>Acantophora spicifera</i>	-0,39	-0,03	-0,31
<i>Codium fragile</i>	-0,06	0,35	0,07
<i>Ulva lactuca</i>	0,31	0,76	0,26
<i>Acetabularia</i> Sp.	0,00	0,00	0,00
<i>Padina pavonica</i>	0,40	-0,06	0,19
<i>Colpomenia sinuosa</i>	-0,14	-0,24	-0,17
<i>Hydroclathrus</i>			
<i>clathatus</i>	-0,11	-0,15	-0,12
<i>Ralfsia</i> Sp.	0,55	0,51	0,64
<i>Epifitas</i>	0,87	0,52	0,74
<i>Chthamalus anisopoma</i>	0,91	0,56	0,80
<i>Fisurella macrotrema</i>	0,00	0,00	0,00
<i>Tridachia diomedea</i>	0,00	0,00	0,00
<i>Tayuva ketos</i>	0,00	0,00	0,00

<i>Ophiocoma aethiops</i>	-0,38	-0,36	-0,42
<i>Holothuria lubricata</i>	0,00	0,00	0,00
<i>Holothuria impatiens</i>	0,00	0,00	0,00

Tabla V: Correlación r de Pearson de los *E. vanbrunti* vs. sustrato en el periodo junio-julio 2022

	E.v. (0- 19,99 mm)	E.v. (20- 39,99 mm)	E.v. (>40 mm)
<i>Temp. Sup. Mar</i>	-0,17	0,08	0,04
<i>Alt. Ola</i>	0,01	0,09	0,02
<i>Periodo Lunar</i>	0,04	-0,07	0,02
<i>Lithophyllum incrustans</i>	-0,08	-0,14	-0,16
<i>Neogoniolithon Sp.</i>	-0,20	-0,13	-0,31
<i>Coralina linnaeus</i>	-0,08	0,00	-0,16
<i>Acantophora spicifera</i>	-0,61	-0,56	-0,57
<i>Codium fragile</i>	-0,02	-0,01	0,01
<i>Ulva Lactuca</i>	0,18	0,21	0,18
<i>Acetabularia Sp.</i>	0,85	0,71	0,83
<i>Padina pavonica</i>	0,33	0,35	0,24
<i>Colpomenia sinuosa</i>	0,23	0,03	-0,02
<i>Hydroclathrus clathatus</i>	0,03	0,06	-0,09
<i>Ralfsia Sp.</i>	0,63	0,63	0,70
<i>Epifitas</i>	0,41	0,38	0,25
<i>Chthamalus anisopoma</i>	0,73	0,79	0,84

<i>Fisurella macrotrema</i>	0,72	0,61	0,56
<i>Tridachiela diomedea</i>	0,49	0,43	0,35
<i>Tayuva ketos</i>	0,81	0,44	0,62
<i>Ophiocoma aethiops</i>	0,44	0,38	0,42
<i>Holothuria lubricata</i>	0,00	0,10	-0,08
<i>Holothuria impatiens</i>	-0,20	-0,11	-0,11

Imágenes

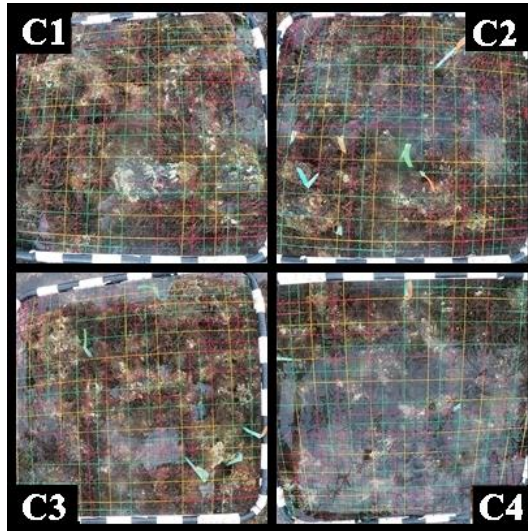


Figura 10: Modelo de ubicación de los cuadrantes. C1: cuadrante 1, C2: cuadrante 2, C3: cuadrante 3 y C4: cuadrante 4.



Figura 11: Delimitación del Área de Estudio en conjunto con la tutora



Figura 12: Selección de transectos en el área de estudio.

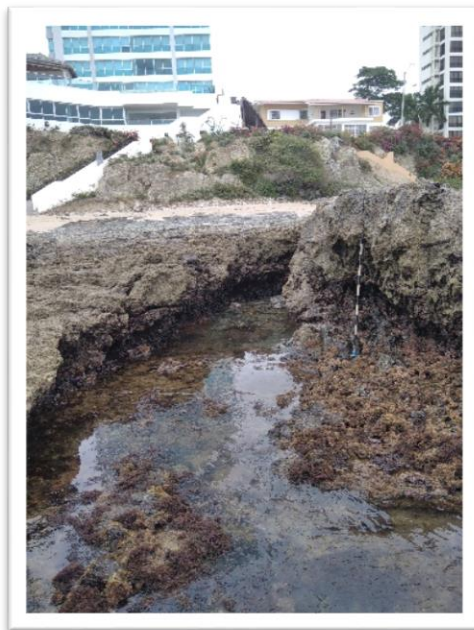


Figura 13: Ubicación de transecto 3, vista mar-playa.



Figura 14: materiales para delimitación del área



Figura 15: Monitoreo por método transecto cuadrante