



UNIVERSIDAD ESTATAL

PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA

“CARACTERIZACIÓN POBLACIONAL DEL PEPINO DE MAR (*Isostichopus fuscus*) EN SEIS BAJOS DE LA RESERVA MARINA “EL PELADO”, PROVINCIA DE SANTA ELENA-ECUADOR, DICIEMBRE 2014 – MAYO 2015”

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

BIÓLOGO MARINO

CARLOS ESTEBAN GARCIA ROJAS

LA LIBERTAD – ECUADOR

2015

UNIVERSIDAD ESTATAL

PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA

“CARACTERIZACIÓN POBLACIONAL DEL PEPINO DE MAR (*Isostichopus fuscus*) EN SEIS BAJOS DE LA RESERVA MARINA “EL PELADO”, PROVINCIA DE SANTA ELENA-ECUADOR, DICIEMBRE 2014 – MAYO 2015”

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

BIÓLOGO MARINO

AUTOR: GARCIA ROJAS CARLOS ESTEBAN

TUTORA: Blga. YADIRA SOLANO VERA, M.sc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2015

DEDICATORIA

Dedico este trabajo al ser celestial que me a cuidado y me ha mantenido en el buen sendero de la vida para poder cumplir con mis sueños y propósitos.

A mi madre que a través de su apoyo, de sus consejos y de todo el esfuerzo que a realizado me ha permitido seguir adelante y jamás rendirme.

A mi padre que en los momentos que lo necesite siempre estuvo ahí. Y por ultimo pero no menos importante a mi Prometida que siempre me supo darme buenos consejos y apoyo en los momentos que lo necesite para así poder cumplir con una de las primeras metas de mi vida

AGRADECIMIENTO

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

A mi Tutora que me supo guiar no solo a través del trabajo de grado si no a lo largo de mi desarrollo académico.

A mis amigos y familiares que han sido un gran apoyo a lo largo de mi formación profesional.

AUTORÍA DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de Titulación o Graduación “**CARACTERIZACIÓN POBLACIONAL DEL PEPINO DE MAR (*Isostichopus fuscus*) EN SEIS BAJOS DE LA RESERVA MARINA “EL PELADO”, PROVINCIA DE SANTA ELENA, ECUADOR**”(DICIEMBRE 2014 – MAYO 2015). La responsabilidad por las ideas, hechos, investigaciones y resultados expuestos en esta tesis, pertenece exclusivamente al autor, y el patrimonio intelectual de la misma, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE).

Atentamente

.....
CARLOS ESTEBAN GARCÍA ROJAS

C.C. 0923134787

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

.....
Ocean. Johnny Chavarría Viteri, Ph.D. (c). Blga. Dennis Tomala Solano MSc.

Decano Facultad Ciencias del Mar

Director Escuela Biología M.

.....
Blga. Yadira Solano Vera

Profesor Asesor

.....
Blgo. Richard Duque M.

Docente de Área

.....
Ab. Joe Espinoza Ayala

Secretario General

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
AUTORÍA DE INVESTIGACIÓN	IV
ABREVIATURAS	XXIII
2. INTRODUCCIÓN	- 1 -
3. JUSTIFICACIÓN	- 5 -
4. OBJETIVO PRINCIPAL	- 7 -
5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	- 7 -
6. HIPÓTESIS	- 8 -
7. MARCO TEÓRICO	- 9 -
7.1 ASPECTOS GENERALES DEL PHYLUM ECHINODERMATA	- 9 -
7.2 CLASE HOLOTUROIDEA	- 12 -
7.2.1. TEJIDO CONJUNTIVO VARIABLE DE LOS EQUINODERMOS	- 13 -
7.3 CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE <i>Isostichopus fuscus</i>	- 14 -
7.4 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE	- 17 -
7.4.1 BIOLOGÍA DE LA ESPECIE	- 18 -
7.4.2 LOCOMOCIÓN	- 19 -
7.4.3. NUTRICIÓN	- 19 -
7.4.4 EVISCERACIÓN Y REGENERACIÓN	- 20 -
7.4.5 REPRODUCCIÓN	- 21 -
7.4.6 DESARROLLO EMBRIONARIO	- 21 -
7.5 DEMANDA DE PEPINO DE MAR A NIVEL MUNDIAL	- 22 -
7.6 SITUACIÓN DEL RECURSO EN AMÉRICA Y ECUADOR	- 25 -
7.7 MARCO LEGAL	- 29 -
7.7.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR	- 29 -
7.7.2 LEY DE PESCA Y DESARROLLO PESQUERO	- 30 -
7.7.3 CREACIÓN DE LA RESERVA MARINA “EL PELADO”	- 31 -
8. MARCO METODOLÓGICO	- 33 -

8.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	- 33 -
8.2 MONITOREO.....	- 35 -
8.3 ESTACIONES DE MUESTREO	- 36 -
8.3.1 BAJO EL ACUARIO	- 37 -
8.3.2 BAJO LA PARED	- 37 -
8.3.3 BAJO EL 40.....	- 37 -
8.3.4 BAJO EL RABO DEL VIEJO.....	- 38 -
8.3.5 BAJO LANCHA RIGEL	- 38 -
8.3.6 BAJO EL PLANCHÓN	- 39 -
8.4 REGISTRO DE PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS EN SUPERFICIE	- 39 -
8.5 TRANSEPTO DE BARRIDO CIRCULAR	- 41 -
8.6 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	- 43 -
9. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	- 45 -
9.1 VARIABLES DE LA ZONA DE ESTUDIO	- 45 -
9.1.1 BATIMETRÍA	- 45 -
9.1.2 OXIGENO DISUELTO	- 46 -
9.1.3 POTENCIAL DE HIDRÓGENO pH	- 47 -
9.1.4 VISIBILIDAD	- 48 -
9.1.5 SALINIDAD	- 49 -
9.1.6 TEMPERATURA	- 50 -
9.2 EXTENSIÓN DE LOS ARRECIFES Y ÁREA MONITOREADA	- 51 -
9.3 DENSIDAD POBLACIONAL	- 52 -
9.4 POBLACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE PEPINOS DE MAR.....	- 54 -
9.5 ABUNDANCIA DE PEPINOS DE MAR.....	- 55 -
9.6 ESTRUCTURA DE TALLAS.....	- 56 -
9.7 BIOMETRÍA POR BAJO MONITOREADO	- 59 -
Talla en Bajo El Acuario.....	- 60 -
Talla en el Bajo La Pared.....	- 60 -
Talla en el Bajo El 40.....	- 60 -
Talla en el Bajo Rabo Del Viejo	- 61 -
Talla en el Bajo La Lancha Rigel.....	- 61 -
Talla en el Bajo El Planchón.....	- 61 -
10. CONCLUSIONES	- 62 -

11. RECOMENDACIONES	- 65 -
12. BIBLIOGRAFÍA	- 66 -
13. ANEXOS	- 75 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Distribución geográfica de <i>I. fuscus</i> (Wiefels, 2014).....	- 3 -
Figura 2.- Estado actual de vulnerabilidad de la especie <i>I. fuscus</i> , CITES 2015-	5 -
Figura 3.- Tipos y formas de podios, espinas y pedicelarios de equinodermos, fuente: FAO 1995.....	- 10 -
Figura 4.- Tipos de holoturoideos y disposición de la boca y ano. Fuente: FAO 1995.....	- 13 -
Figura 5.- Captura de pepinos de mar en toneladas metricas por área de pesca, FAO-2013	- 25 -
Figura 6.-Reserva Marina El Pelado imagen obtenida y editada de GoogleMaps, 2015.....	- 33 -
Figura 7.-Reserva Marina El Pelado puntos de monitoreo imagen obtenida y modificada de Google Earth, 2015.....	- 34 -

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1.- <i>Isostichopus fuscus</i> en Reserva Marina “El Pelado” Fuente: Garcia, C. 2015.....	- 18 -
Foto 2.- Buzo desplegando la cuerda de la técnica de barrido circular Fuente: Garcia, C. 2015.	- 36 -
Foto 3.- Registro de parámetros físicos y químicos con medidor Multiparamétrico YSI Fuente: Garcia, C. 2015.	- 40 -
Foto 4.- Uso de disco Sechi para determinación de visibilidad Fuente: Garcia, C. 2015.....	- 41 -
Foto 5.- Buzo en prospección de ejemplares de <i>I. fuscus</i> en un área de 100 m ² Fuente: Garcia, C. 2015.	- 42 -
Foto 6.- Registro de longitud total de un ejemplar de <i>I. Fuscus</i> Fuente: Garcia, C. 2015.....	- 43 -
Foto 7.- Reserva Marina El Pelado.	- 75 -
Foto 8.- Implementando la técnica de Barrido Circular.....	- 75 -
Foto 9.- Ejemplar de pepino de mar sobre la proa de Lancha Rigel.....	- 76 -
Foto 10.- <i>Isostichopus fuscus</i> , sobre rocas Bajo El 40.....	- 76 -
Foto 11.- Uso de disco Sechi, para determinación de visibilidad.	- 77 -
Foto 12.- Medición de talla de pepino de mar.	- 77 -

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.- Volúmenes de captura mundial de pepino de mar año 2002-2011, Infopesca, 2011).....	- 23 -
Gráfico 2.- Volúmenes de demanda de pepino de mar a nivel mundial, Infopesca-2014.....	- 24 -
Gráfico 3.- Profundidad en los diferentes bajos (m).....	- 46 -
Gráfico 4.-Oxígeno disuelto durante los meses de monitoreo (3m profundidad)...	47 -
Gráfico 5.-pH durante los meses de monitoreo.....	- 48 -
Gráfico 6.-Visibilidad durante los meses de monitoreo.....	- 49 -
Gráfico 7.-Salinidad durante los meses de monitoreo.	- 50 -
Gráfico 8.-Temperatura (°C) (3m profundidad) en la REMAPE, durante los meses de monitoreo.....	- 51 -
Gráfico 9.-Densidad poblacional pepinos de mar ind./ m ²	- 53 -
Gráfico 10.- Distribución de los pepinos de mar, según el bajo.	- 55 -
Gráfico 11.- Abundancia de pepinos de mar en los bajos monitoreados.	- 56 -
Gráfico 12.-Rangos de tallas de pepinos de mar.....	- 57 -
Gráfico 13.-Estructura de tallas de pepinos de mar por bajo monitoreado.....	- 58 -
Gráfico 14.- (A) Talla en Bajo El Acuario, (B) Talla en el Bajo La Pared, (C) Talla en el Bajo El 40, (D) Talla en el Bajo Rabo Del Viejo, (E) Talla en el Bajo La Lancha Rigel, (F) Talla en el Bajo El Planchón	- 59 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Nombre del Arrecife y la ubicación geográfica.....	- 39 -
Tabla 2.- Dimensiones de los arrecifes, área monitoreada con la Técnica del barrido Circular, área monitoreada en porcentajes	- 52 -
Tabla 3.- Densidad poblacional por metro cuadrado <i>Isostichopus fuscus</i>	- 78 -
Tabla 4.- Distribución poblacional de pepinos de mar <i>Isostichopus fuscus</i>	- 78 -
Tabla 5.- Abundancia de pepinos de mar <i>Isostichopus fuscus</i>	- 79 -
Tabla 6.- Talla promedio de pepinos de mar <i>Isostichopus fuscus</i>	- 79 -
Tabla 7.- Estructura de tallas de pepinos de mar <i>Isostichopus fuscus</i> en centímetros.	- 80 -
Tabla 8.- Parámetros tomados en la zona de estudio.	- 80 -
Tabla 9.- Profundidad de los Bajos monitoreados.	- 81 -

GLOSARIO

Abundancia: Indica el número de individuos presentes en un hábitat determinado, se relacionan con los términos de densidad y dominancia, ocupa el primer nivel de clasificación no paramétrica en la escala de frecuencias.

Arrecife: Banco rocoso situado a poca profundidad, cerca de superficie. Puede ser rocoso, de coral, artificial.

Árido: Falta de agua en el suelo y de humedad en el aire.

Autótrofo: Organismo que puede fabricar su propia materia orgánica a partir de sales minerales, agua y una fuente de energía, como las plantas.

Biodiversidad: Corresponde a la totalidad de genes, de especies y de ecosistemas de cualquier área en el planeta, es el contenido biológico total de organismos que habitan un determinado paisaje, incluyendo su abundancia, su frecuencia, su rareza y su situación de conservación.

Cuencas Oceánicas: Es una depresión muy extensa, relativamente uniforme, de contornos casi redondeados, que constituyen el fondo de los océanos.

Criptofauna: Fauna que vive escondida entre las rocas, como los corales, los erizos, etc.

Batimetría: Técnica de medir las profundidades del mar, también es el estudio de la distribución de la flora y fauna en las diferentes capas o zonas del mar.

Bentos: Todo aquel organismo que vive en el fondo o inmediatamente sobre el mismo.

Biocenosis: Conjunto de seres vivos que hay en un ecosistema.

Biodiversidad: Variedad o diversidad de seres vivos que hay en un ecosistema. Se mide de diferentes maneras. La diversidad absoluta es el número total de especies del ecosistema. La diversidad relativa para cada especie se obtiene dividiendo el número de ejemplares de esa especie entre el número total de individuos de todas las especies.

Bioindicador: Organismo cuya presencia o ausencia está asociada a ciertos parámetros ambientales. Por ejemplo, la proliferación de algas verdes es un bioindicador de la presencia de altos contenidos de materia orgánica en el agua.

Cnidarios: Grupo de animales principalmente marinos que se caracterizan por tener células urticantes. Es el grupo de las medusas y corales.

Detritívoro: Animal que come los desechos que dejan otros organismos.

Dioicos: Un organismo es dioico cuando dentro de su especie encontramos individuos que tienen uno u otro sexo, y no ambos a la vez.

Ecosistema: Conjunto de organismos de distintas especies que interaccionan entre ellos y con el medio en el que viven.

Endobionte: Organismo que vive dentro de otro.

Endofauna O infauna: Animales que viven dentro del sedimento.

Endopsammon: Organismos que viven dentro de la arena y el fango.

Epibionte: Organismo que vive encima de otro, generalmente fijado a él.

Epífito: Planta que vive sobre otra, usándola como soporte.

Equinodermo: Grupo de animales invertebrados que se caracterizan por tener una simetría pentámera, que puede no ser evidente. Por ejemplo, holoturias, erizos y estrellas de mar.

Epifauna/Epiflora: Fauna/flora que viven sobre el sustrato.

Espículas: Estructuras calcáreas o silíceas de pequeño tamaño, generalmente con forma de espinas o estrellas, que forman el esqueleto interno de las esponjas.

Eutrofización: Enriquecimiento del agua debido al aporte de materia orgánica y otros nutrientes.

Filogenética: Se ocupa de determinar la filogenia, y consiste en el estudio de las relaciones evolutivas entre diferentes grupos de organismos, utilizando matrices de información de moléculas de ADN y de morfología.

Gónadas: Son los órganos reproductores de los animales que producen a los gametos, o células sexuales.

Gregarios: Individuos de un grupo pueden actuar juntos sin una dirección planificada. El término se aplica al comportamiento de animales en manadas.

Hermafroditas: Aquellos seres vivos que tienen con un aparato mixto capaz de producir gametos masculinos y femeninos.

Intermareal: Zona costera y de los organismos que viven en ella, que están afectados por las oscilaciones de la marea.

Infralitoral: Zona del litoral que permanece siempre sumergida. El límite inferior es aquel hasta donde las algas y fanerógamas todavía pueden realizar la fotosíntesis, y por tanto vivir. Este límite depende de la turbidez y la capacidad de penetración de la luz, aunque suele estar en torno a los 40 o 50 m. de profundidad.

Invertebrado: Todo aquel animal pluricelular que no posee una columna vertebral.

Impactos Antropogénicos: Aquellos efectos producidos por las actividades humanas en el clima de la Tierra.

Litoral: Aguas y fondos comprendidos desde la costa hasta los 200 m. de profundidad.

Nerítica: Zona del mar situada sobre la plataforma continental.

Metamorfosis es un proceso por el cual un objeto o entidad cambia de forma; equivale, a grandes rasgos.

Oceánica: Zona de mar abierto situada más allá de la plataforma continental.

Picnoclina: Zona de la capa superficial del mar en la que la densidad del agua disminuye rápidamente con poco aumento de la profundidad. Aparece asociada a la termoclina.

Plancton: Grupo de organismo tanto animales como vegetales, generalmente de pequeño tamaño, que viven suspendidos en la masa de agua.

Planctotrófica: Larva que sobrevive alimentándose, generalmente, de plancton.

Plataforma continental: Fondo del mar de extensión variable que comprende la zona que va desde la costa hasta que se alcanzan los 200 metros de profundidad.

Poiquiloterma: Animal cuya temperatura corporal no es constante y varía con la de su medio ambiente.

Protandrica/Proterándrico: Organismo hermafrodita que primero es macho y luego cambia de sexo a hembra.

Proterogínico: Organismo hermafrodita que primero es hembra y después cambia de sexo a macho, como por ejemplo el mero (*Epinephelus marginatus*).

Protráctil: Que puede extenderse o prolongarse hacia delante.

Salinidad: Indica el contenido de sales disueltas (en gramos) por kilogramo de agua de mar. Se mide en tantos por mil (‰).

Sedentario: Dicho de un organismo, que vive pegado al sustrato pero es capaz de cortos desplazamientos (lapas, estrellas de mar).

Sésil: Que vive fijo sobre un sustrato, que no se puede mover.

Simbiosis: Relación entre especies en la que dos organismos se unen en beneficio de ambas.

Somero: Refiriéndose al fondo, que tiene muy poca profundidad y está próximo a superficie.

Surgencia: También afloramiento o “upwelling”. Afloramiento de aguas profundas, frías y ricas en nutrientes debido al efecto continuo de vientos que soplan de forma regular a lo largo de una costa.

Talud continental: Zona del fondo marino con fuerte pendiente que va desde los 200 m. hasta los 3.000 m. de profundidad, aproximadamente.

Termoclina: Zona de la capa superficial del mar en la que la temperatura disminuye rápidamente con poco aumento de la profundidad. Este descenso de la temperatura produce también cambios en la densidad.

ABREVIATURAS

AP	Área protegida
CITES	The Convention International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre).
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
GPS	Sistema de Posicionamiento Global.
IGM	Instituto Geográfico Militar.
MAE	Ministerio del Ambiente del Ecuador.
MAGAP	Ministerio de Agricultura y Ganadería.
INOCAR	Instituto Oceanográfico de la Armada.
Has	Hectáreas.
Mn	Millas náuticas.
PMRC	Programa de Manejo de Recursos Costeros.
REMAPE	Reserva Marina el Pelado.
SNAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
ZCIT	Zona de Convergencia Intertropical.

1.- RESUMEN.

El presente estudio se realizó para caracterizar la poblacional del pepino de mar de interés comercial de la especie *Isostichopus fuscus* distribuida en seis bajos: El Acuario, la Pared, El 40, El Rabo del Viejo, Lancha Rigel y El Planchón de la Reserva Marina El Pelado, Provincia de Santa Elena, Ecuador, durante los meses de diciembre-mayo del 2015.

El área total estimada de los seis bajos fue de 6655 m², correspondiendo al área explorada en busca de criptofauna aplicando la Técnica del Barrido Circular fue de 1200 m², correspondiendo al 18 % del área total explorada, pudiendo cuantificar un total de 21 individuos, siendo el sitio más poblado La Lancha Rigel con 6 pepinos y el sitio menos poblado el bajo El Planchón con 1 solo pepino de mar.

En el bajo El Acuario la densidad poblacional fue de 0,01 ind./m². En el bajo La Pared la densidad poblacional fue de 0,015 ind./m². En el bajo El 40 la densidad poblacional fue de 0,02 ind./m². En el bajo El Rabo del Viejo la densidad poblacional fue de 0,025 ind./m². En La Lancha Rigel la densidad poblacional fue de 0,03 ind./m² y en El bajo El Planchón la densidad poblacional fue de 0,005 ind./m².

Palabras Claves: Caracterización Poblacional, *Isostichopus fuscus*, Abundancia, Reserva Marina El Pelado

ABSTRACT

The present study was conducted to characterize the sea cucumber (*Isostichopus fuscus*) population of commercial interest distributed in six reefs: El Acuario, La Pared, El 40, El Rabo del Viejo, Lancha Rigel and El Planchón in the El Pelado Marine Reserve, Santa Elena Province, Ecuador, during December 2014 to May 2015.

The six reefs' estimated area was 6655 m², corresponding to the area explored in search of cryptofauna applying the circular sweeping technique was 1200 m², equivalent to 18% of the total area scanned and a total of 21 individuals were counted, The most populous site being Lancha Rigel with six sea cucumbers and the least populated site being El Planchón with just one sea cucumber.

In the reef El Acuario the population density was 0.01 ind./m². In the reef La Pared the population density was 0,015 ind./m². In the reef El 40 the population density was 0.02 ind./m². In the reef El Rabo del Viejo the population density was 0,025ind./m². In Lancha Rigel the population density was 0.03 ind./m² and in the reef El Planchón the population density was 0.005 ind./m².

Keywords: characterization, *Isostichopus fuscus*, Abundance, Marine Reserve El Pelado

2. INTRODUCCIÓN

La región costera ecuatoriana recibe la influencia directa de corrientes cálidas que provienen del hemisferio norte y corrientes frías que provienen del hemisferio sur, el rango para todo el año varía desde los 23°C hasta los 26°C contribuyendo a la diversificación de los hábitats (SGR/ECHO/UNISDR, 2012).

Según el atlas del Ecuador (Dollfus,1983) la biodiversidad es reconocida como uno de los principales recursos del país, para lo cual se han establecido tres objetivos estratégicos que garanticen protección:

- 1.- Conservar la diversidad biológica.
- 2.- Usar sustentablemente los recursos biológicos.
- 3.-Asegurar la distribución justa y equitativa de los beneficios de los recursos genéticos.

La variedad de especies de fauna, flora y ecosistemas, son elementos para que el país se considere biológicamente rico. Al relacionar esta riqueza con la extensión territorial se ha establecido que el Ecuador es el país con mayor megadiversidad por km² en el mundo (Países Megadiversos Afines (LMMC, 2002)). Algunos datos relacionados con la riqueza biológica indican que el 18 % del territorio nacional ecuatoriano, es considerado como área protegida; también se indica que tres de las diez zonas del planeta donde se encuentran gran cantidad de especies

endémicas, únicas de esta área y cuyo hábitat natural se encuentra bajo presión antrópica se encuentran en el Ecuador (Bravo, 2004).

Las áreas naturales protegidas son espacios continentales o marinos del territorio nacional reconocidos, determinados y protegidos legítimamente por el Estado Ecuatoriano. Esto es debido a la importancia de conservar la diversidad biológica y otros valores ligados al interés cultural, paisajístico y científico; así también por su aportación al desarrollo sostenible del país (Bravo, op cit).

En la Región Costa e Insular del Ecuador existen áreas costeras y marinas protegidas con la finalidad de preservar y cuidar la fauna y flora de estos lugares.

Estas se dividen en: Parques Nacionales, Refugios de Vida Silvestre, Reservas Ecológicas, Reservas marinas, Reservas de Producción Faunística y Marina Costera y Áreas Nacionales de Recreación (Pomeroy *et al.*, 2007).

La Reserva Marina El Pelado fue creada como Área Protegida el 24 de agosto del 2012. Desde entonces se la incorporó al Patrimonio Natural de Áreas Protegidas del país. Su jurisdicción es la provincia de Santa Elena, cubre una extensión de 150.55 hectáreas de zona terrestre y 13004.75 hectáreas de zona marina. Este islote es sitio de anidación para varias especies de aves marinas como fragatas, piqueros patas azules y pelícanos. Sin embargo, el recurso más relevante son los arrecifes rocosos que se encuentran rodeando al islote, ya que a estos lugares alberga una gran diversidad de peces e invertebrados, entre las que destacan erizos, pepi-

nos de mar, corales y anémonas y un sin número de especies de peces arrecifales (MAE, 2012).

El pepino de mar *Isostichopus fuscus* es una especie de holotúrido sedentario, longevo y de lento crecimiento, que se distribuye desde el norte de la península de Baja California, México hasta las Islas Galápagos de Ecuador (Herrero-Perezrul *et al.*, 1999). Se caracteriza por habitar aguas someras (0-40 m), pero puede alcanzar los 61 metros de profundidad (Kerstitch, 1989) y habitar de preferencia fondos coralinos, rocosos y pedregosos pero ocasionalmente se los puede encontrar en el sustrato arenoso y fangoso, se estima que el *I. fuscus* alcanza la edad de primera madurez sexual entre los 4 y 5 años de vida, su reproducción es denso dependiente y posee una baja tasa de reclutamiento (Figura 1; Herrero-Perezrul *et al.*, op cit).

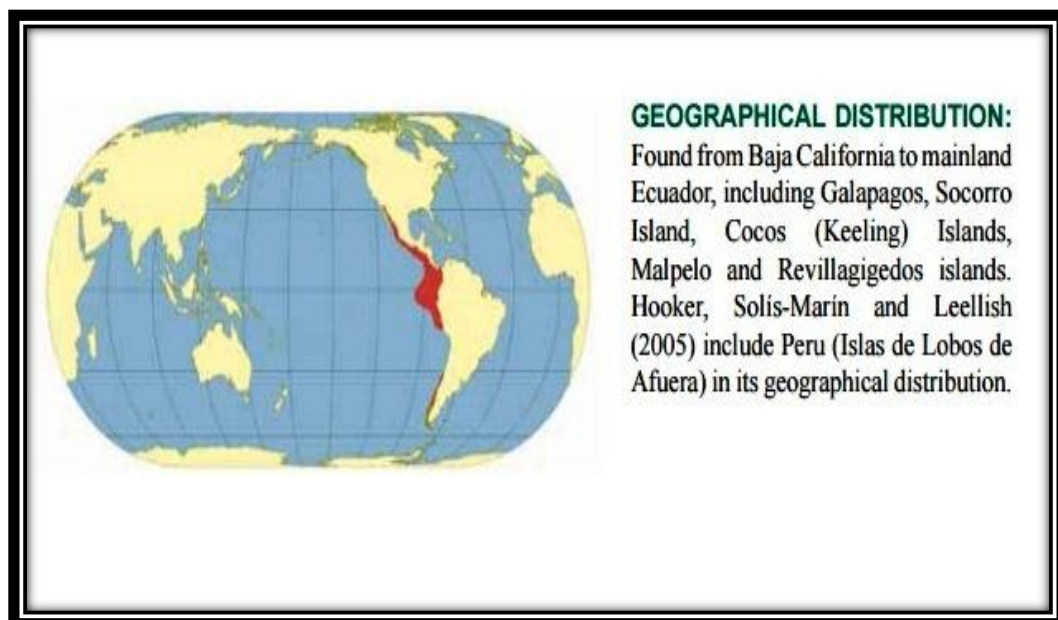


Figura 1.- Distribución geográfica de *I. fuscus* (Wiefels, 2014)

Tales características de la historia de vida de esta especie, en conjunto con su alto valor comercial en los mercados asiáticos y la facilidad de su captura, contribuyen a que las pesquerías artesanales de este recurso sean vulnerables de ser sobre-explotadas en un lapso de tiempo corto. Ejemplo de ello, es la sobre-explotación, y posterior colapso de las pesquerías de *I. fuscus* de Baja California y de Ecuador (Altamirano *et al.*, 2004; Herrero-Perezrul *et al.*, 1998). En el primer caso, la pesca comercial de *I. fuscus* tuvo una duración aproximada de 7 años (1988-1994), mientras que en el segundo, su duración fue de tan sólo cuatro (1988-1991).

En la Reserva Marina El Pelado, las poblaciones de *I. fuscus* comenzaron a ser explotadas de manera indiscriminada sin un control previo ya que los pescadores al tener poco conocimiento de cómo se encontraba este recurso lo fueron sobre-explotándolo hasta llegar a niveles críticos en la zona, los estudios realizados por el Instituto Nacional de Pesca recomendaban establecer un alto definitivo a la captura del recurso pepino de mar, esto permitió que el Estado Ecuatoriano promulgue el Acuerdo Ministerial N° **147, RO 26, del 15 de septiembre de 1992**, que establece la prohibición de captura, extracción, transporte, procesamiento y comercialización interna y externa de los pepinos de mar.

3. JUSTIFICACIÓN

En los inicios de la pesquería, de acuerdo con Reyes-Bonilla y Herrero-Perezrul (2003), la demanda y aprovechamiento crecieron tanto que en pocos años poblaciones como las de México, Costa Rica y Ecuador comenzaron a mostrar signos de sobreexplotación. La especie fue fuertemente explotada durante 1989 a 1994, lo que demuestra que los estudios de evaluación de especies tienen una muy alta importancia para llevar un respectivo control del estado actual de un organismo.

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), que es un acuerdo internacional conformado por 180 países a nivel mundial, clasifica según el grado de protección a las especies en tres niveles o apéndices, colocando a la especie objeto del presente estudio *I. fuscus* en el **Apéndice III**: Aquellas especies de las cuales un país necesita apoyo de los demás países para protegerla. (Figura 2)

APÉNDICES		
I	II	III
	FILO ECHINODERMATA	
	CLASE HOLOTUROIDEA	
	COHOMBROS O PEPINOS DE MAR	
ASPIDOCHIROTIDA		
<u>Stichopodidae</u>	Pepinos de mar	Isostichopus fuscus (Ecuador)

Figura 2.- Estado actual de vulnerabilidad de la especie *I. fuscus*, CITES 2015

Este trabajo va a aportar con datos reales de cómo se encuentra actualmente este recurso en los alrededores de la Reserva Marina El Pelado, y compartir la información generada con los organismos gubernamentales como el Ministerio del Ambiente del Ecuador MAE, que es la Autoridad Administrativa CITES del país, encargados de las acciones que se deben realizar para salvaguardar la preservación de esta especie.

4. OBJETIVO PRINCIPAL

Evaluar la población del pepino de mar, *Isostichopus fuscus* distribuida en seis bajos: El acuario, la Pared, El 40, El Rabo del Viejo, Lancha Rigel y El Planchón, mediante la técnica de barrido circular, para verificar el estado actual de esta especie en la Reserva Marina El Pelado.

5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar la densidad y distribución poblacional de la especie *Isostichopus fuscus* mediante la técnica de transectos de barrido circular de 100 m² y su relación con los parámetros abióticos.

- Estimar la abundancia del *Isostichopus fuscus* presente en los seis bajos propuestos en la Reserva Marina El Pelado con base en el análisis de la superficie de hábitat viable.

- Establecer la biometría de la especie *Isostichopus fuscus* presente en los seis bajos propuestos en la Reserva Marina El Pelado.

6. HIPÓTESIS

La evaluación poblacional del pepino de mar *Isostichopus fuscus* distribuido en los seis bajos: El acuario, la Pared, El 40, El Rabo del Viejo, Lancha Rigel y El Planchón de la Reserva Marina El Pelado, demuestra que la abundancia y densidad son poco significativas.

7. MARCO TEÓRICO

7.1 ASPECTOS GENERALES DEL PHYLUM ECHINODERMATA

Los equinodermos constituyen un phylum del reino animal que es muy diversificado en aguas tropicales en todo el mundo, son casi exclusivamente marinos y comprenden unas 7000 especies vivientes, además de unas 13000 especies fósiles reconocidas. Viven desde la zona intermareal hasta las mayores profundidades del océano, incluyen especies pequeñas de menos de un centímetro de longitud total a muy grandes de hasta 1 y 2 metros (Hendrickx, 1995).

Todos los Equinodermos presentan exteriormente una simetría pentarradial, superpuesta a una estricta simetría bilateral, la simetría bilateral es muy evidente en las larvas, pero solo unos pocos rasgos de esta simetría fundamental subsisten en la fase adulta. La simetría pentarradial típica de un equinodermo adulto se manifiesta por la existencia alrededor de un eje central que pasa por la boca, de radios que dividen el cuerpo en diez sectores: cinco zonas radiales provistas o no de ambulacros que son especies de pies pequeños flexibles, que se alternan con cinco zonas interradales (Conand, 2004).

En muchas especies de equinodermos, el cuerpo esta total o parcialmente cubierto de espinas de forma y longitud variable, y por estructuras prensiles denominadas pedicelarios (Figura 3; Conand, 2004).

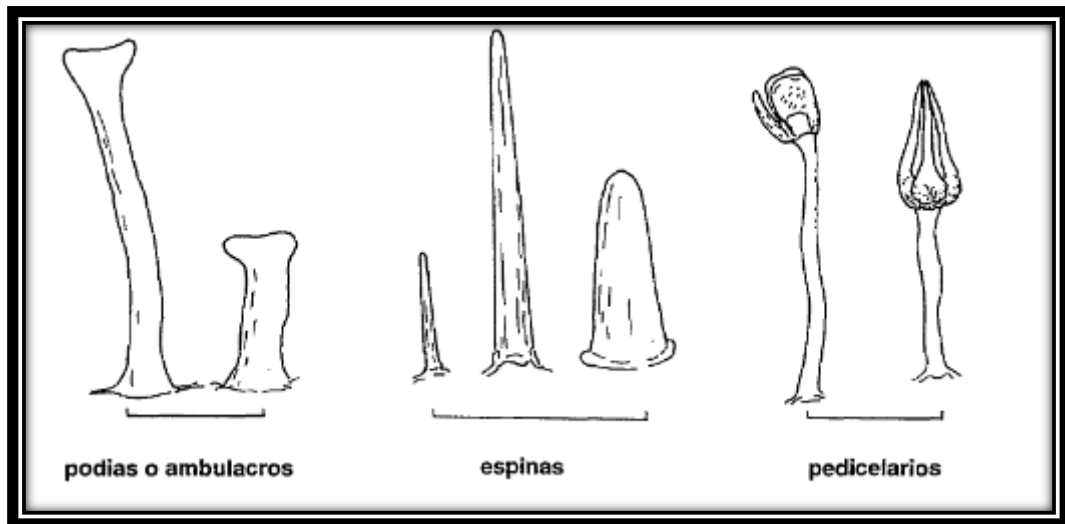


Figura 3.- Tipos y formas de podias, espinas y pedicelarios de equinodermos, fuente: FAO 1995

Los equinodermos constituyen un phylum del reino animal que es particularmente diversificado en aguas tropicales. Son mayoritariamente marinos y viven en la zona intermareal, pero abundan en los sedimentos blandos de la plataforma continental, en los arrecifes coralinos y en zona de rompientes en playas arenosas.

El grupo de equinodermos vivientes comprende seis clases: (Hendrickx, 2009).

1.- Crinoidea: Presentan una organización primitiva e incluyen numerosas formas fósiles, unas 80 especies fijas y 500 semi-fijas, como el lirio de mar.

- 2.-Asteroidea: las estrellas de mar tienen un cuerpo de simetría pentagonal o estrellada, fuertemente deprimido en sentido dorso ventral, provisto de 5 o más brazos.
- 3.-Equinoidea: Los erizos de mar son de forma globosa o esférica.
- 4.-Concentricicloidea: Son de cuerpo discoidal con espinas marginales, pero sin brazos.
- 5.-Ofiuroidea: Presentan un cuerpo estrellado y deprimido dorso-ventralmente, pero los brazos son articulados.
- 6.-Holoturoidea: Los holoturias o pepinos de mar se caracterizan por tener un cuerpo vermiforme.

Todos los Equinodermos presentan exteriormente una típica simetría pentarradial, superpuesta en una estricta simetría bilateral que es muy evidente en las fases larvales, el esqueleto es calcáreo formado por placas articuladas como en el caso de Ophiuroideos, Asteroideos, Crinoideos y Concentricicloideos, o soldadas entre sí formando una especie de caparazón rígido como los Holoturoideos (García *et al.*, 2012). En la mayoría de los equinodermos, los sexos están separados y la fecundación es externa, el ciclo de desarrollo incluye varios estadios planctónicos hasta la metamorfosis final de un juvenil bentónico.

Los equinodermos comprenden especies de interés comercial, como alimento entre la población asiática, algunas especies son disecadas enteras y ocasionalmente pintadas como recuerdos, en la actualidad existe una alta demanda de holoturoideos hacia Japón (González & Vera 2006).

7.2 CLASE HOLOTUROIDEA

Son animales libres vermiformes, adaptados a la reptación pero que han conservado la forma prismática-pentagonal, de cuerpo blando o semiblando, de consistencia carnosa, sin esqueleto externo aparente, pero con fragmentos calcáreos dispersos en el tegumento llamados plaquetas o espículas. La zona oral está rodeada de tentáculos cuya función es la prensión del alimento. Son generalmente bentónicos y viven en todos los niveles batimétricos.

Las especies bentónicas se arrastran sobre el sustrato apoyadas en tres áreas radiales denominadas trívium o suela, mientras que las dos áreas restantes bivium o dorso no están en contacto con el sustrato y poseen una menor cantidad de ambulacros que la suela (Ruzafa & Diego, 1985).

En este cuerpo de disposición dorsoventral la boca se encuentra en el extremo anterior y el ano en el posterior, la placa madreporica es interna. Las holoturias o pepinos de mar son abundantes por debajo de las rocas de la zona intermareal (Figura 4).

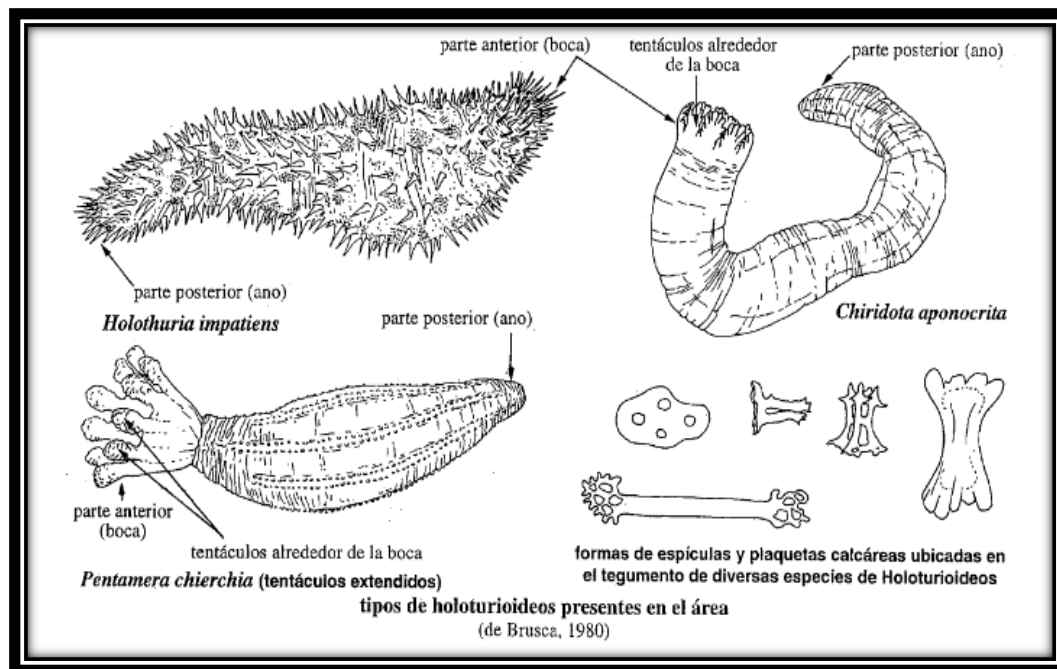


Figura 4.- Tipos de holoturoideos y disposición de la boca y ano. Fuente: FAO 1995

7.2.1. TEJIDO CONJUNTIVO VARIABLE DE LOS EQUINODERMOS.

El control fisiológico y el mecanismo bioquímico del endurecimiento y reblandecimiento del tejido conjuntivo variable, son campos en los que en la actualidad se están realizando numerosas investigaciones para entender los cambios que ocurren en estas especies a nivel celular de la dermis, aunque esta contiene algunos músculos, nervios y otros tipos de células, es en la matriz extracelular en donde se producen los cambios de rigidez (Ocaña *et al.*, 2004). Observando cuidadosamente la dermis, se puede apreciar que los nervios terminan en dicha matriz, aparentemente hay dos tipos de reblandecimiento.

Experimentalmente se ha podido observar que la rigidez de la matriz también depende de los cambios en la concentración de iones de calcio y de otros cationes, en general un aumento en la concentración de iones de calcio endurece la matriz y una disminución de dicha concentración produce reblandecimiento (Ocaña et al., 2004).

Estas propiedades fundamentales del tejido conjuntivo variable pueden ser utilizadas por los equinodermos como una forma exclusiva de defensa, para alimentarse, para entrar y sujetarse en refugios, y para reproducirse asexualmente.

Uno de los primeros que estudiaron el tejido conjuntivo variable fue John Eylers, quien insinuó que esta dependencia de un ambiente con concentraciones relativamente altas de iones de calcio y de otros cationes podría ser una de las causas de la ausencia de equinodermos en los ambientes dulceacuícolas (Eylers, 1982).

7.3 CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE *Isostichopus fuscus*

Los individuos pertenecientes al orden Aspidochirotida, se caracterizan por tener numerosos tentáculos (entre 15 y 30) tipo peltado. Carecen de músculos retractores y sus bandas longitudinales, generalmente están divididas en dos por un tejido conjuntivo que las fija a lo largo de las zonas ambulacrales (Moguel *et al.*, 2002).

El cuerpo presenta gran cantidad de pies tubulares, que cumplen funciones de lo-

comoción o son simplemente papilas sensoriales. Tienen dos órganos o árboles respiratorios bien desarrollados (Caso, 1961).

La familia Stichopodidae presenta individuos grandes y notorios en los fondos marinos. Poseen ámpulas, tentaculares y órganos genitales dispuestos en dos ramilletes. Los árboles respiratorios son bien desarrollados, los pies ventrales son grandes y están dispuestos en bandas aglomeradas (Caso, *op cit.*).

La superficie dorsal posee pápulas simples o compuestas, con tentáculos ventrales grandes y ano terminal. Los osículos generalmente tienen forma de mesas y botones lisos regulares o deformados, rosetas delicadas y cuerpos en forma de "C".

La familia Stichopodidae se limita generalmente a las costas tropicales (Deichmann, 1958; Caso, 1961). Dentro de ésta familia, el género *Isostichopus* es uno de los más conspicuos que habitan fondos arenosos y aguas someras en los trópicos (Clark, 1922).

Isostichopus fuscus, se encuentra distribuido desde Baja California hasta Ecuador, incluidas las islas Galápagos, Socorro y Cocos (Deichmann, 1958), las islas de Revillagigedo (Maluf, 1991; Caso, 1961) incluye Patagonia en su distribución. Habita desde la costa hasta los 28 - 39 m de profundidad (Deichmann, *op cit*) y de acuerdo a Wellington (1974) *Isostichopus fuscus* era el invertebrado de aguas someras más notorio del fondo marino de Galápagos.

Isostichopus fuscus es aplanado dorsoventralmente con una pared corporal gruesa, boca ventral y ano terminal, papilas romas en el dorso, con tres bandas de pies tubulares en el ventrum. La suela es fácilmente distinguible y bien formada. Esto se debe a su gran tamaño y a su coloración café, que puede tener varias tonalidades y con las papilas de color amarillento (Wellington, 1974). Las espículas consisten en mesas, placas perforadas, cuerpos en forma de “C” y barras en forma de horquilla (Deichmann, op cit).

Isostichopus fuscus es gonocórico, no posee dimorfismo sexual externo con igual proporción de hembras y machos. Toral (1996) comenta que en Galápagos, esta especie presenta actividad sexual continua con picos de actividad sexual tanto en la temporada fría como caliente, agregando que el 50 % de la población de la isla Caamaño presenta gametos reproductivos entre los 256-260 g de peso escurrido o a los 23.5 cm de longitud total. A su vez, Martínez (1999) encontró que esta especie tiene sexos separados.

Estado poblacional de *I. fuscus*: Análisis comparativo de los años 1999–2002 que la talla en la que el 50 % de la población de la isla Fernandina muestra madurez reproductiva es a los 21 cm de longitud total. Esta especie se la puede encontrar tanto durante el día como en la noche (Shepherd *et al.*, 2003).

No se tiene real conocimiento de las especies que depredan sobre *I. fuscus* cuando es adulto, con excepción de la observación de un pescador de Galápagos que encontró un churo *Pleuroplocaprinceps* alimentándose de *I. fuscus* (Parque nacional galápagos, 1988). No obstante, durante sus fases larvarias forma parte del plancton que es la base alimenticia para muchas especies marinas. En cuanto a su nivel de toxicidad, Bakus (1974), realizó un estudio sobre la toxicidad de ciertas especies de pepinos de mar, y concluyó que *I. fuscus* no produce toxinas contra los peces, ni posee túbulos de Cuvier.

7.4 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE

Filum: Echinodermata

Clase: Holothuroidea

Orden: Aspidochirotida

Familia: Stichopodidae

Nombre Científico: Isostichopus fuscus (Ludwig, 1875)



Foto 1.- *Isostichopus fuscus* en Reserva Marina “El Pelado” Fuente: Garcia, C. 2015.

7.4.1 BIOLOGÍA DE LA ESPECIE

La mayoría de las holoturias son negras, marrones o de color verde aceituna, aunque también pueden observarse otros patrones de coloración, en cuanto al tamaño existen especies pequeñas de menos de 3 cm de longitud desde el extremo oral al aboral, y las más grandes entre 10 a 30 cm de longitud (Prieto, 2010).

En algunos pepinos de mar, los pies ambulacrales, estén reducidos o no, perdieron su distribución radial y ahora se disponen más o menos al azar por toda la superficie del cuerpo, los pies ambulacrales de los holoturoideos pueden o no acabar en ventosas, que utilizan para adherirse al sustrato. La boca siempre está rodeada por

10-30 tentáculos, que no son más que pies ambulacrales bucales modificados y por tanto forman parte del sistema ambulacral (Rupert & Barnes, 1996).

7.4.2 LOCOMOCIÓN

Son animales relativamente lentos que viven sobre la superficie del fondo marino, sobre la arena o el fango pero también pueden vivir sobre fondos duros rocosos, bajo las piedras o entre las grietas. Algunas especies de los géneros *Holothuria*, *Cucumaria* y *Psolus*, son tan sedentarias que utilizan sus pies ambulacrales como órganos adhesivos y no como órganos locomotores (Cascante *et al.*, 2009).

7.4.3. NUTRICIÓN

Los pepinos de mar se alimentan fundamentalmente a base de partículas en suspensión o sedimentadas en donde extienden sus tentáculos ramificados y los agitan sobre el fondo o los mantienen dentro de una corriente de agua, en ambos casos las partículas alimenticias quedan retenidas en las pailas adhesivas de la superficie de los tentáculos; la estructura de dicha superficie está relacionada con el tamaño de las partículas que generalmente se utilizan como alimento. El animal introduce los tentáculos en su faringe uno a uno, y mientras van saliendo de nuevo, es cuando se van desprendiendo las partículas alimenticias (Zamorano, 2005).

La boca está situada en el centro de una membrana bucal que hay entre la base de la corona de tentáculos. La boca se continúa por una faringe, normalmente muscularizada, cuya porción más anterior está rodeada por un anillo de osículos calcáreos.

7.4.4 EVISCERACIÓN Y REGENERACIÓN

La expulsión de unos tubos adhesivos por el ano es un fenómeno que se asocia, en general, con los holoturoideos, pero en realidad se trata de un mecanismo defensivo que solo se da en unas pocas especies de los géneros *Holothuria* y *Actinopyga* (Rupert & Barnes, 1996). Los túbulos de Cuvier de algunas especies no son adhesivos, sino que liberan una sustancia tóxica llamada holoturina (una saponina).

También hay holoturina en la pared del cuerpo de algunas especies, durante el proceso de expulsión, cada tubo se alarga mucho por inyección de agua a presión en su interior y termina desprendiéndose del árbol respiratorio al que está sujeto. En *Holoturias* los tubos que se expulsan son adhesivos y envuelven al intruso en una maraña de filamentos pegajosos, que en algunos casos pueden inmovilizar crustáceos de pequeños tamaños y causar la muerte lentamente, posteriormente los tubos de Cuvier se regeneran (Ruiz *et al.*, 2007).

Un fenómeno mucho más común, y que frecuentemente se confunde la expulsión de los túbulos de Cuvier, es la evisceración en donde se rompe el extremo anterior

o posterior del cuerpo y expulsan parte del tubo digestivo y los órganos asociados a este, este evento se asocia a ciertas épocas del año en donde la disponibilidad de alimentos son bajas o para eliminar los desechos almacenados en los tejidos del intestino, pero posteriormente se produce la regeneración de las partes perdidas (Ruiz *et al.*, 2007).

7.4.5 REPRODUCCIÓN

Los holoturoideos se diferencian de los demás equinodermos por presentar una sola gónada, la mayoría de los pepinos de mar son dioicos y su gónada está situada en el extremo anterior de la cavidad celomática, el gonoporo se sitúa en la línea media dorsal, durante la puesta cogen los huevos con los tentáculos y los llevan hasta el dorso del cuerpo para la incubación (González, 2012).

7.4.6 DESARROLLO EMBRIONARIO

Para las especies de holoturoideos de desarrollo larval externo, ocurre en el agua del mar y el embrión es planctónico, la gastrulación es igual que en los demás asteroideos, al tercer día se ha formado una larva llamada auricularia, presenta una banda ciliada locomotora, luego se convierte a una larva en forma de barril denominada doliolaria, en la que la banda locomotora original se ha fragmentado en tres a cinco cinturones ciliados (Vázquez *et al.*, 1994).

La metamorfosis es gradual y al final de la vida planctónica de la larva ya se ha convertido en un pepino de mar juvenil que finalmente se establece en el fondo y adopta la forma típica de un adulto, la esperanza de vida para la mayoría de los holoturoideos varía entre cinco y diez años dependiendo de la especie (Vázquez *et al.*, 1994).

7.5 DEMANDA DE PEPINO DE MAR A NIVEL MUNDIAL

Los pepinos de mar, cohombros o carajos de mar concentran cerca de 1400 especies a nivel mundial, de estas alrededor de 300 especies son consumidas por el ser humano, el principal mercado corresponde al asiático representado por Hong Kong y China (Mantelli, 2011).

La demanda de este equinodermo prácticamente se han duplicado en el periodo de 10 años, según datos estadísticos obtenidos de FAO desde el año 2002 hasta el 2011, se ha duplicado la captura desde 20000 toneladas métricas hasta las 45000 TM para el año 2011 (Infopesca, 2011; Gráfico 1).

Las capturas duplicaron en 10 años

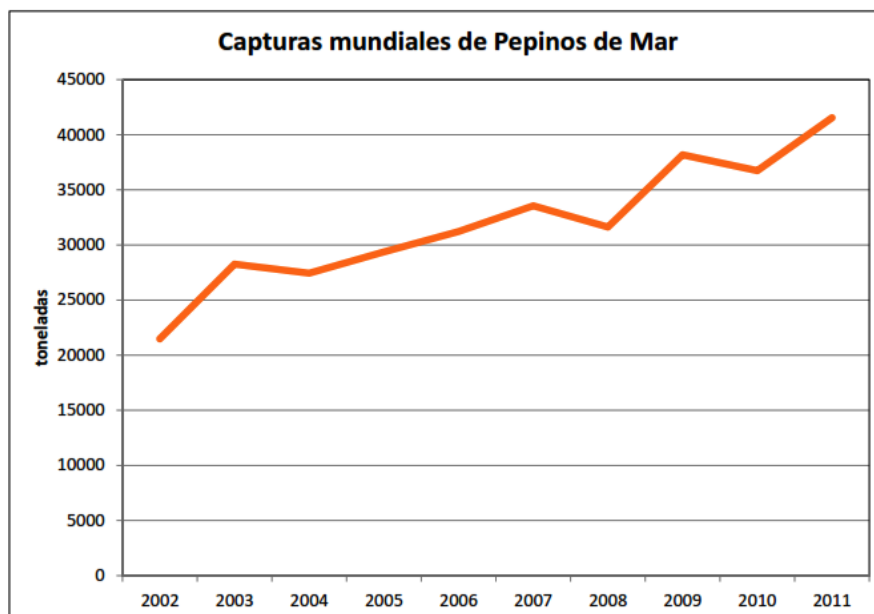


Gráfico 1.- Volúmenes de captura mundial de pepino de mar año 2002-2011, Infopesca, 2011)

Las especies de pepino de mar son usados con fines gastronómicos debido a que son considerados afrodisiacos, es propio de la cultura china usarlo en banquetes y celebraciones importantes en varias presentaciones como sopas y estofados.

Los volúmenes de demanda de holoturoideos corresponde a cinco países principales a nivel mundial, en primer lugar se encuentra Hong Kong con 9000 TM, Estados Unidos 4000 TM, China, 1800 TM, Singapur 500 TM y Corea del Sur con 250 TM para el año 2013 (Gráfico 2).

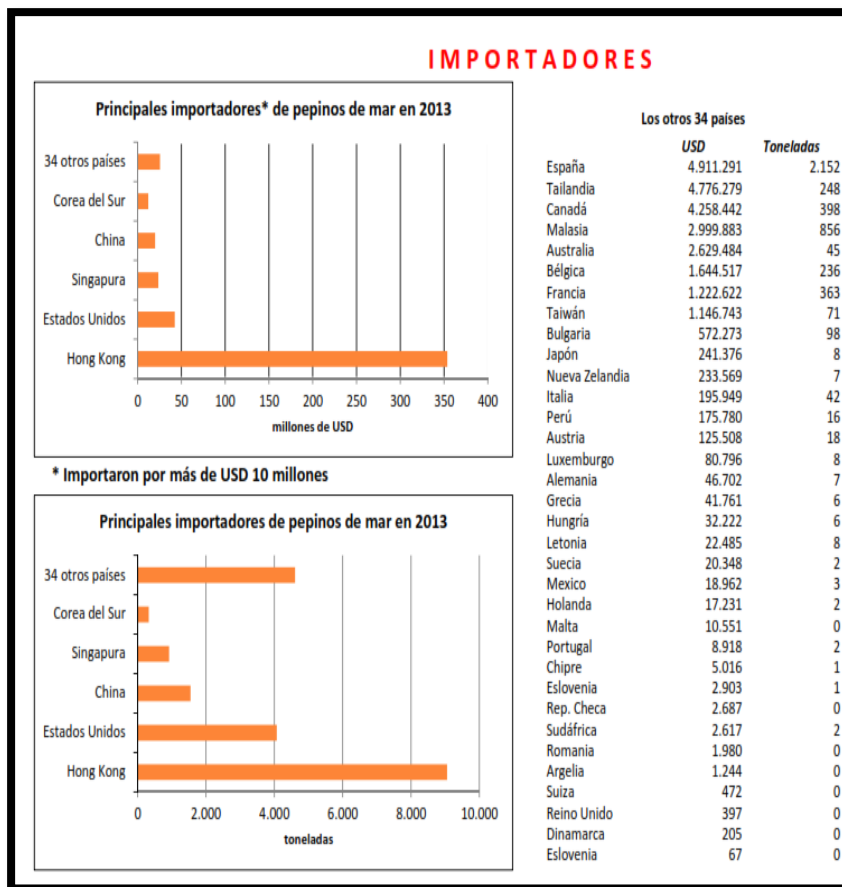


Gráfico 2.- Volúmenes de demanda de pepino de mar a nivel mundial, Info-pesca-2014.

La captura de holoturoideos se la realiza a nivel mundial en todos los océanos, pero la FAO ha podido determinar tres áreas en donde se ha podido establecer los volúmenes de captura y corresponden a las zonas 61, 67,71, 77,81 y 87 del Océano Pacífico aportando con 25196 TM, le sigue el Atlántico y Mediterráneo en las áreas de pesca 21, 27, 31, 34 y 37 con un total de 10468 TM y el océano Índico en las áreas 51 y 57 con 5876 TM, pudiendo estimar un total de 41540

toneladas metricas de volúmenes de captura para el año 2011 (FAO, 2003; Figura 5).

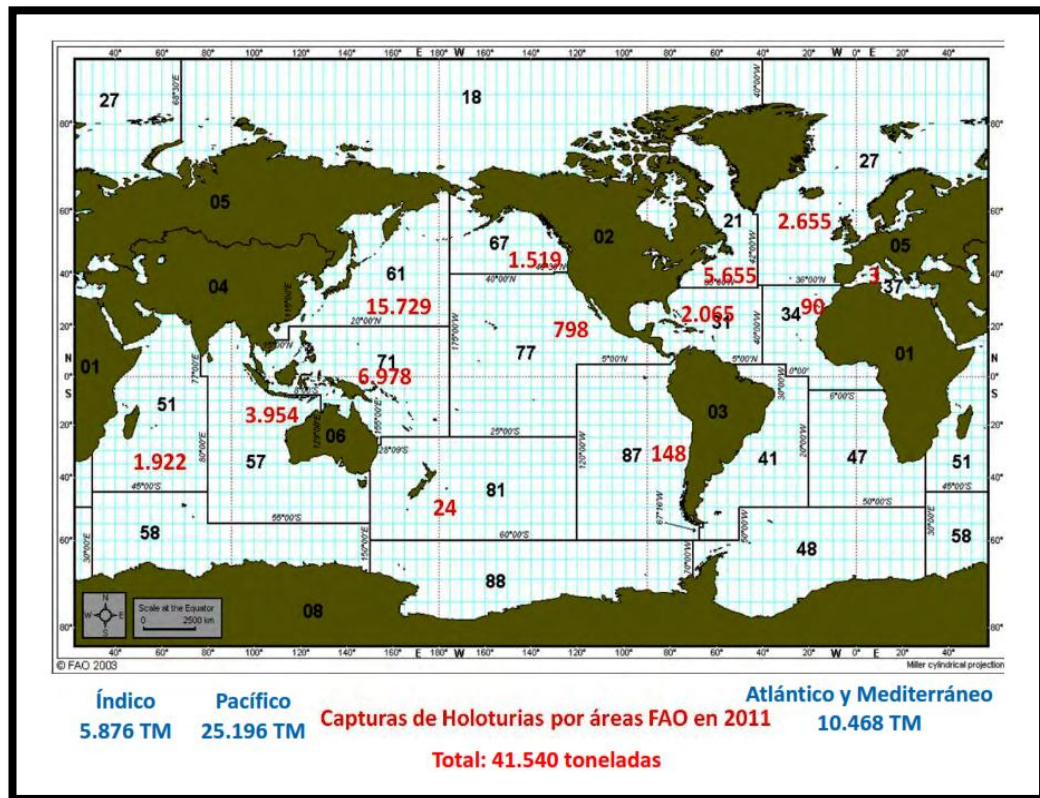


Figura 5.- Captura de pepinos de mar en toneladas metricas por área de pesca, FAO-2013

7.6 SITUACIÓN DEL RECURSO EN AMÉRICA Y ECUADOR

En 1995, el Centro Regional de Investigación Pesquera de la Paz – México realizó un estudio de Estructura poblacional y ciclo reproductor del pepino de mar (*Isostichopus fuscus*) en Santa Rosalía, B.C.S., México. Mientras que en el 2007, un grupo de Consultores Acuícolas y Pesqueros S.C., realizó un estudio de Evalua-

ción de las Poblaciones Silvestres de Pepino de Mar (*Isostichopus fuscus*), en la costa de Baja California, para conocer la tendencia de la población y el potencial de aprovechamiento.

También se han realizado otros estudios de esta especie como son los de Caso (1961), Morris (1980), Kerstitch (1989) y Herrero-Perezrul (1990), quienes tratan aspectos taxonómicos y de distribución. Sierra y Gil (1992), estudiaron su distribución, abundancia y estructura de tallas en la Costa de Oaxaca. Girón-Botello analizaron su pesquería en el Pacífico Mexicano y Salgado-Castro (1994) propuso medidas para su administración en ambas costas de la Península de Baja California.

De acuerdo a publicaciones revisadas del Ministerio del Ambiente del Ecuador, no existen estudios de Evaluación Poblacional del *Isostichopus fuscus* en la Reserva Marina El Pelado, lo cual representa una gran desventaja para este recurso.

La explotación de pepino de mar es una actividad relativamente nueva en el Ecuador; se inició en 1988 con la llegada de empresarios asiáticos que establecieron sus bases en las provincias de Manabí y Guayas. Luego de “saquear” el recurso en la costa continental, estos comerciantes movieron sus operaciones hacia las islas Galápagos en 1991 (De Paco *et al.*, 1993). Desde el principio, esta pesquería se concentró en una sola especie, *Isostichopus fuscus*.

Cuando empezó la pesquería en Galápagos, no se contaba con estudios científicos sobre la biología o ecología de esta especie, hecho que contribuyó a que la actividad se realice sin ninguna consideración técnica de manejo y control. Por esta razón el Gobierno ecuatoriano dispuso el cierre oficial de la pesquería de pepino de mar en Galápagos en agosto de 1992. Sin embargo, ante la creciente presión ejercida por grupos interesados en continuar su explotación, las autoridades consideraron la posibilidad de iniciar una segunda temporada de pesca, por lo que el Instituto Nacional de Pesca (INP), realizó un estudio poblacional en la zona este de la isla Fernandina (Aguilar *et al.*, 1993). Luego la Fundación Charles Darwin (FCD) con apoyo de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), realizó un estudio biológico-poblacional de *I. fuscus* en ocho sitios del Canal Bolívar, ubicado entre Isabela y Fernandina (De Paco *et al.*, 1993).

El estudio del Instituto Nacional de Pesca (Aguilar *et al.*, 1993) recomendó que no se debiera permitir la apertura de otra temporada de pesca, mientras que el estudio FCD-UICN realizado por la FCD-UICN (De Paco *et al.*, 1993) identificó la necesidad de continuar con investigaciones científicas especialmente en los aspectos de la biología reproductiva de esta especie, para de esta forma evaluar la situación de este recurso y establecer lineamientos adecuados para el control y manejo de su pesquería en Galápagos.

En 1994, la FCD y el Servicio Parque Nacional Galápagos (SPNG), tomando como base el trabajo de (De Paco *et al.* 1993), iniciaron un programa de monitoreo

permanente de las poblaciones de pepinos de mar en el Canal Bolívar. En 1999, el monitoreo iniciado en 1993, se extendió a un mayor número de sitios en Isabela y Fernandina, y se empezó a evaluar las islas de Santa Cruz, San Cristóbal, Española y Floreana. A partir de este nuevo programa, se inició la modalidad de monitoreos participativos en los que se integra a los principales usuarios de la Reserva Marina de Galápagos (RMG), los sectores de pesca, científico, turístico y de manejo de la provincia de Galápagos.

De esta manera, los distintos sectores participan directamente en los monitoreos previos y posteriores a las temporadas de pesca, en el análisis de datos y en la elaboración del informe final. Este último se presenta a la Junta de Manejo Participativo (JMP) y finalmente Autoridad Interinstitucional de Manejo (AIM) de la RMG como requisito para la evaluación y toma de decisión final sobre la apertura de las pesquerías.

Así, los monitoreos participativos permiten que las instituciones compartan esfuerzos (recursos humanos, embarcaciones y equipos) y comprometen a los usuarios en una actividad de común interés para los habitantes de Galápagos. Esta participación está sustentada en los acuerdos entre los usuarios escritos y convenidos en las reuniones de la JMP de la RMG.

7.7 MARCO LEGAL

7.7.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

La normativa legal del Ecuador ha creado un marco legal que propende la protección del medio ambiente y la constitución del año 2008 en el Capítulo Séptimo, Derechos de la naturaleza, expresa a través del siguiente artículo los derechos que tiene todo ecosistema.

Art.71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda.

El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

Art. 72.- **La naturaleza tiene el derecho a la restauración.** Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o

jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

Art. 73.- El Estado aplicara medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.

Art.74.- Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho de beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir.

Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; **su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado.**

7.7.2 LEY DE PESCA Y DESARROLLO PESQUERO

El Art. 1.- de la Ley de Pesca y Desarrollo Pesquero 2007, dispone que los recursos bioacuáticos existentes en el mar territorial, en las aguas marítimas interiores, en los lagos o canales naturales o artificiales, son bienes nacionales cuyo racional

aprovechamiento será regulado y controlado por el Estado de acuerdo a sus intereses;

Medidas de Ordenamiento Y Regulación Pesquera, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.

Acuerdo Ministerial N° 147, RO 26, del 15 de septiembre de 1992, que establece la prohibición de captura, extracción, transporte, procesamiento y comercialización interna y externa de los pepinos de mar, estas medidas de protección para este recurso se deben a las recomendaciones efectuadas en julio de 1992, por el Instituto Nacional de Pesca (INP), mediante informes técnicos que señalaban que la explotación dirigida al pepino de mar de la especie *Isostichopus fuscus*, causaría un deterioro al ambiente marino toda vez que las capturas que se están realizando eran de tipo semi-industrial, y recomendaba se establezca una prohibición permanente a su explotación.

7.7.3 CREACIÓN DE LA RESERVA MARINA “EL PELADO”

Mediante el Acuerdo Ministerial No. 118 de 24 de agosto del 2014 de fecha 24 de agosto del 2012 y según el Acuerdo Ministerial No. 173, se realiza la reforma al acuerdo Ministerial No. 118 donde se ratifica la ampliación de la Reserva Marina El Pelado.

La Ministra del Ambiente Marcela Aguiñaga Vallejo, delega las funciones de Ministra de Estado a la M.Sc. Mercy Borbor Córdova, Viceministra del Ambiente del 11 al 26 de agosto del 2012; Acuerda:

Art. 1.- Crear el Área Protegida denominada Reserva Marina “El Pelado”, que comprende la siguientes áreas: Desde la coordenada (519631.5, 9775894) ubicada en el mar, sigue en línea recta hacia el norte hasta la coordenada (519631.5, 9789904), ubicada en el mar, para posteriormente dirigirse hacia el este hasta la coordenada (529894.13, 9789904) avanzando hacia el sur por la línea de la costa hasta la coordenada (529403.37, 9775894) y cierra en la coordenada No. 1 formando un polígono que comprende 150.55 ha de zona terrestre, conformando parte del perfil costero y el islote, y 13004.75 ha de zona marina, dando un total de 13.155,30 ha. Art. 2.- Incorporar al Patrimonio Nacional de Áreas Protegidas a la Reserva Marina “El Pelado”, localizada en la jurisdicción de la provincia de Santa Elena, que abarca la Zona de Playa del Palmar, San Pedro, Ayangue y Valdivia. (Registro Oficial, 2012).

8. MARCO METODOLÓGICO

8.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Reserva Marina El Pelado (REMAPE), está ubicada en la Provincia de Santa Elena, Cantón Santa Elena en la posición 1.933974S y 80.788527W, abarca la zona de la playa de Palmar, San Pedro, Ayangue y Valdivia. Está conformada por territorio submarino y una parte de las playas de esta región. Limita al norte con Manglaralto y el Estero el Sosal; al sur, con la playa de Jambelí, Palmar y Monte-verde; al este, con Ayangue, Palmar y Valdivia y al oeste con el Océano Pacífico (Figura 6).



Figura 6.-Reserva Marina El Pelado imagen obtenida y editada de Google-Maps, 2015

La Reserva Marina El Pelado, con una extensión 13.155,30 Has.; las cuales 150.55 has son terrestres y 13004.75 has., es marina. Se encuentra ubicada en el cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena. Creada mediante el Acuerdo Ministerial No. 118 de 24 de agosto del 2014 de fecha 24 de agosto del 2012 y según el Acuerdo Ministerial No. 173, se realiza la reforma al acuerdo Ministerial No. 118 donde se ratifica la ampliación de la Reserva Marina El Pelado.

Dentro de la Reserva Marina El Pelado se realizaron monitoreos en seis bajos denominados como El acuario, la Pared, El 40, El Rabo del Viejo, Lancha Rigel y El Planchón, los mismos que fueron georeferenciados con GPS. (Figura 7)

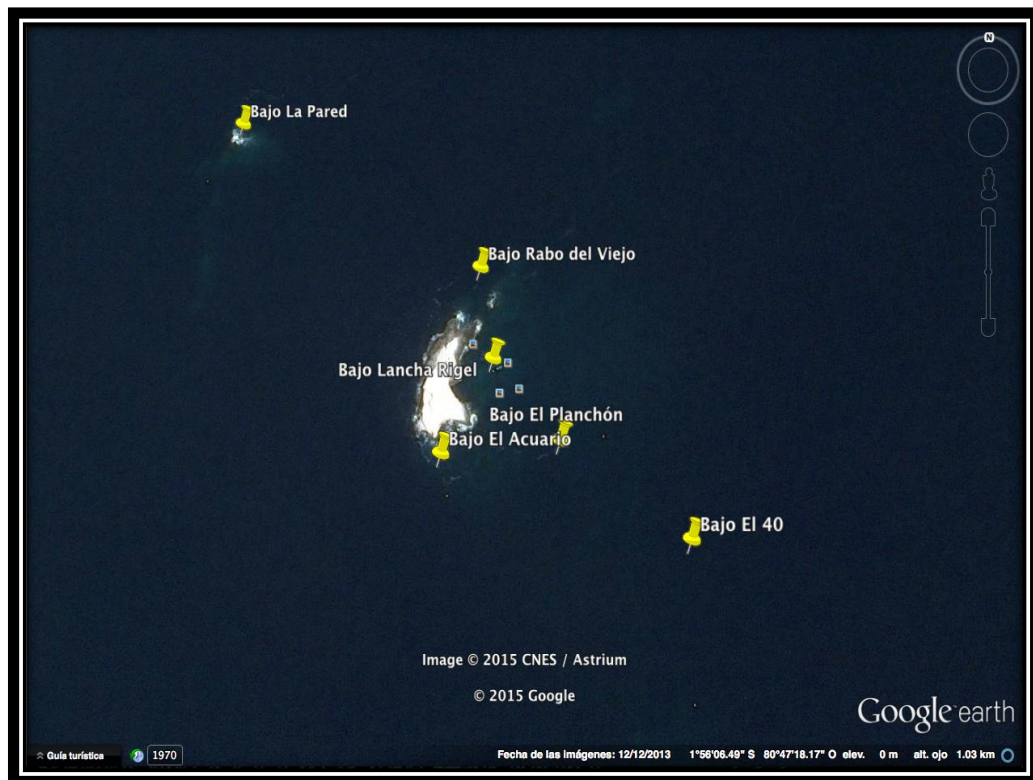


Figura 7.-Reserva Marina El Pelado puntos de monitoreo imagen obtenida y modificada de Google Earth, 2015

8.2 MONITOREO

Para la determinación de la densidad poblacional del pepino de mar, se usó la técnica de transeptos de barrido circular de 100 m^2 en la que es necesaria una cuerda de 5,64 m de longitud que representa el radio de la circunferencia, se colocó un peso en el extremo de la cuerda para que actué como centro de rotación y luego se procedió a contar y medir cada uno de los ejemplares ubicados en el área de la estación de monitoreo y se utilizó un tubo de pvc y un lápiz de carpintero para realizar las anotaciones in situ. Por cada transepto desplegado se cubrió un área de 100 m^2

El área de la circunferencia en la técnica de transepto de barrido circular se determinó mediante la fórmula: $A = \pi \cdot r^2$ en donde:

A: Área

Π : 3.1416

r^2 : Radio al cuadrado

Remplazando la fórmula con los datos obtenidos, se determinó el área de cobertura del transepto, esto es $A = (3.1416) \cdot (5.64\text{m})^2 = 99.9 \text{ m}^2$ de área barrida.

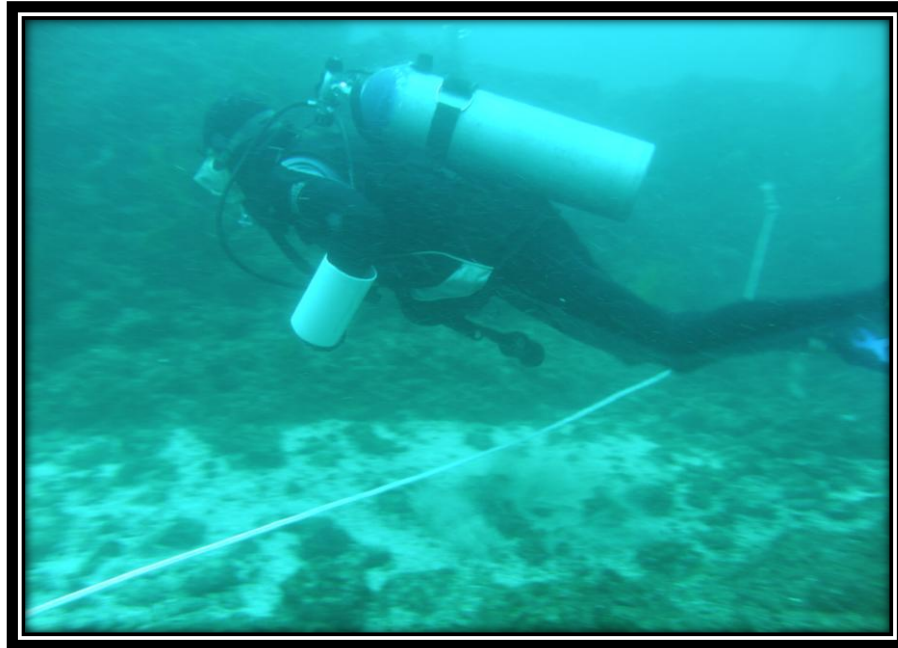


Foto 2.- Buzo desplegando la cuerda de la técnica de barrido circular Fuente: Garcia, C. 2015.

8.3 ESTACIONES DE MUESTREO

Para las estaciones de monitoreo se procedió a censar y medir los pepinos de mar de la especie *Isostichopus fuscus* presentes en cada uno de los seis puntos de la Reserva Marina El Pelado, aplicando la técnica del Barrido Circular una vez al mes a partir de diciembre 2014, enero, febrero, marzo, abril y mayo del 2015, obteniendo información de un total de 12 monitoreos y cubriendo un área total de 1200m², y la georeferenciación corresponde a las siguientes áreas:

8.3.1 BAJO EL ACUARIO

Es un bajo de formación rocosa con un área aproximada de 750 metros cuadrados, con escasos bancos de arena, la profundidad promedio corresponde a 15 metros, se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas 01°56'10.6"S 080°47'21.9"W, con pocas corrientes marinas que evitan que el sedimento se suspenda y permite una buena visibilidad mientras se realizó la exploración, la visibilidad determinada con disco Secchi fue de 9 metros, la temperatura promedio fue de 27.7°C.

8.3.2 BAJO LA PARED

Ubicado hacia el sur oeste en relación del islote El Pelado, en las coordenadas geográficas 01°55'58.3"S – 080°47'33.4"W, es un arrecife totalmente rocoso con una dimensión de 1200 metros cuadrados, profundidad promedio de 20 metros, con temperatura de 27.7°C, visibilidad de 10 metros, pH 8.2, salinidad 35.5S‰ y 6.5 de oxígeno disuelto en mg/L.

8.3.3 BAJO EL 40

Es un arrecife muy popular y visitado entre la comunidad de buzos que frecuentan con fines turísticos y de recreación la Comuna de Ayangué, ubicado en las coordenadas geográficas 01°56'17.9"S – 080°47'13.0"W, y un área aproximada de 2000 metros cuadrados con temperatura promedio de 27.7°C, la visibilidad

para este arrecife corresponde a 9 metros lo que permite una buena visibilidad, y profundidad promedio de 21 metros, el pH es de 8.2, la salinidad es de 36 S‰, y el oxígeno disuelto es de 7.3 mg/L.

8.3.4 BAJO EL RABO DEL VIEJO

Es un arrecife de 1000 metros cuadrados, somero cuya profundidad promedio corresponde a 12 metros, esta característica de los arrecifes someros hace que las olas y corrientes levanten partículas de sedimento y afecta a la visibilidad, ubicado geográficamente en las coordenadas 01°56'09,2"S y 080°47'14,9"W, es un arrecife rocoso fuertemente influenciado por la pleamar y bajamar debido a rocas que están expuestas en la superficie.

8.3.5 BAJO LANCHA RIGEL

Corresponde a un arrecife artificial que ocupa un área estimada de 105 metros cuadrados, es una embarcación sumergida a propósito para propiciar la propagación de la vida marina, de estructura metálica y asentada sobre un fondo arenoso y rocoso, ubicada entre las coordenadas geográficas 01°56'00,7"S y 080°47'18,6"W, y una profundidad promedio de 18 metros.

8.3.6 BAJO EL PLANCHÓN

Es un arrecife rocoso somero de aproximadamente 1600 metros cuadrados, ubicado en las coordenadas geográficas 01°55'59,5" S y 080°47'18,1" W, la profundidad promedio es de 10 metros.

Tabla 1.- Nombre del Arrecife y la ubicación geográfica.

NOMBRE DEL ARRECIFE	Longitud	Latitud
Bajo El Acuario	01°56'10.6" S	080°47'21.9" W
Bajo La Pared	01°55'58.3" S	080°47'33.4" W
Bajo El 40	01°56'12.5" S	080°47'15.1" W
Bajo el Rabo del Viejo	01°56'09,2" S	080°47'14,1" W
Bajo Lancha Rigel	01°56'00,7" S	080°47'18,6" W
Bajo El Planchón	01°55'59,5" S	080°47'18,1" W

8.4 REGISTRO DE PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS EN SUPERFICIE

Antes de realizar la exploración submareal, se obtienen los datos de los parámetros físicos y químicos de cada uno de los bajos establecidos para en el estudio.

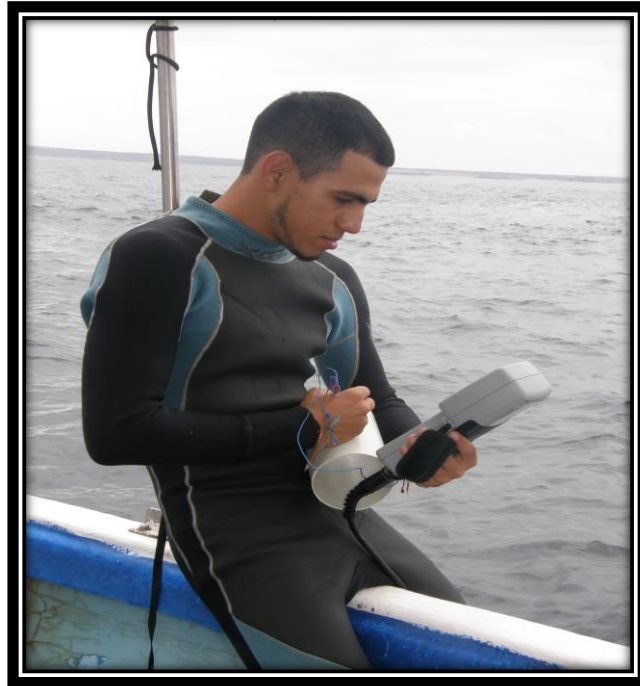


Foto 3.- Registro de parámetros físicos y químicos con medidor Multiparamétrico YSI Fuente: Garcia, C. 2015.

Con la ayuda del disco Secchi, se procedió a obtener el dato de visibilidad, y con el envío de la sonda multiparamétrica YSI, se obtuvo los valores de la temperatura en grados Celsius, potencial de hidrogeno pH, salinidad en partes por mil, oxígeno disuelto en miligramos por litro.



Foto 4.- Uso de disco Sechi para determinación de visibilidad Fuente: Garcia, C. 2015.

La ubicación geográfica se obtuvo mediante el uso del GPS Garmin, y la profundidad con el sonar del ecosonda Garmin.

8.5 TRANSEPTO DE BARRIDO CIRCULAR

Para poder levantar la información y aplicar los monitoreos, mediante el uso del Transepto del Barrido Circular, se ubicaron mediante georeferenciación los bajos o arrecifes a monitorear, la primera actividad correspondió a la de descender y clavar una estaca de acero sobre el fondo y procede a desplegar la cuerda con una dimensión de 5,64 metros de longitud e inmediatamente girar en forma circular hasta completar los 360 ° de la circunferencia.

Luego se procedió a explorar toda el área y buscar las especies objetivo del estudio, anotar en la pizarra acrílica el número de individuos presentes en el área de la circunferencia, como la longitud de cada uno de los individuos censados.



**Foto 5.- Buzo en prospección de ejemplares de *I. fuscus* en un área de 100 m²
Fuente: Garcia, C. 2015.**

Luego se procedió a realizar fotografías de cada uno de los ejemplares encontrados, con una regla de aluminio se obtuvo la longitud total de cada uno de los individuos encontrados y una vez que se ha realizado todo el procedimiento se regresa a la superficie para determinar el próximo punto a monitorear.

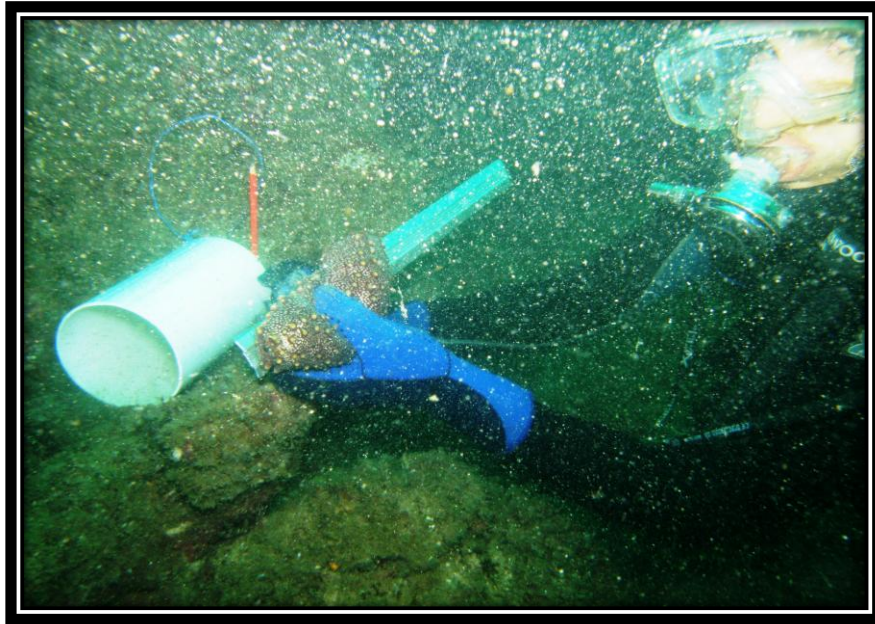


Foto 6.- Registro de longitud total de un ejemplar de I. fuscus Fuente: Garcia, C. 2015.

8.6 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

Para el cálculo de la densidad poblacional se utilizó la fórmula;

$$\text{Densidad} = N_{ti} / NT \text{ (m}^2\text{)}$$

Dónde, N_{ti} es el total de individuos encontrados en un sitio, y $NT \text{ (m}^2\text{)}$ es el área total en metros cuadrados censados en el mismo sitio. El resultado se deberá expresar como número de individuos por m^2 .

Para la aplicación de las herramientas estadísticas, los datos de los monitoreos obtenidos de densidad poblacional por sitio y por metro cuadrado y la estructura de tallas serán agrupadas en cuatro categorías en cada sitio siendo procesados y analizados mediante histogramas y el programa STATISTICA versión 7.

Las pruebas estadísticas que se aplicaron a los datos obtenidos correspondieron a Análisis de la Varianza (ANOVA de un solo factor), utilizando histogramas y polígonos de frecuencia, aplicados con un nivel de significancia (α) = 0.05; con el cual se realizaron las comparaciones de abundancia de pepinos de mar y estructura de las tallas.

9. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

9.1 VARIABLES DE LA ZONA DE ESTUDIO

Con el objeto de definir las condiciones ambientales durante el periodo de muestreo y de evaluar la posible influencia de estas sobre las comunidades del pepino de mar, la presente investigación se consideraron Los siguientes parámetros Temperatura, oxígeno disuelto, pH, turbidez, salinidad, y profundidad del agua.

9.1.1 BATIMETRÍA

Los Bajos monitoreados presentan altimetría y batimetría diferentes pero las profundidades registradas fueron medidas a través de la distancia entre la superficie del mar y el fondo marino. En el bajo El Acuario la profundidad fue de 15 m. En la Pared es evidente los bajos rocosos muy altos y bajos pero el monitoreo *in situ* se lo hizo a 20 m. En el Bajo El 40 la profundidad fue de 21 m. En el Rabo del viejo la profundidad fue de 12 m. En la Lancha Rigel conocida también como El Arenal, la profundidad fue de 18 m (Gráfico 3).

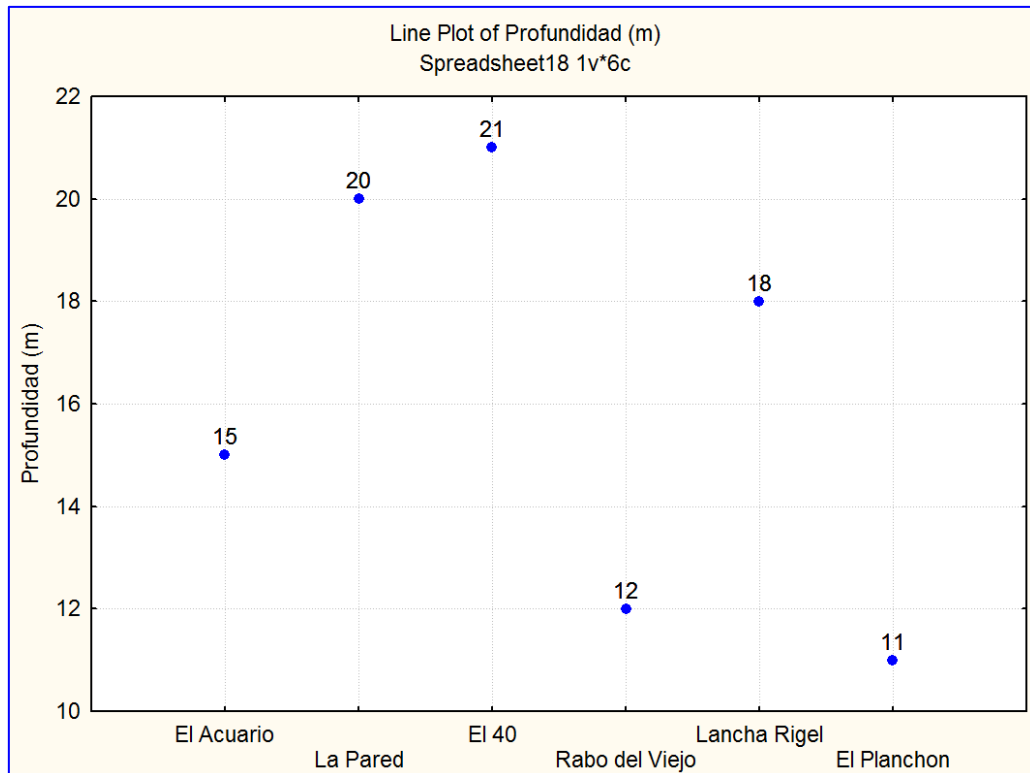


Gráfico 3.- Profundidad en los diferentes bajos (m).

9.1.2 OXIGENO DISUELTO

En el mes de diciembre el agua del océano se presentó 7.5 mg/l de OD, en los meses de enero bajó el nivel de OD a 6.5 mg/l, en febrero aumentó a 7.3 mg/l, en marzo nuevamente bajó a 6.2 mg/l, en abril se notó nuevamente un descenso del OD en 6 mg/l, finalmente en el mes de mayo se registró una recuperación del OD a 7,1 mg/l (Gráfico 4). La absorción de oxígeno del pepino de mar es 0.42 y 0.73 mg O₂ d⁻¹ g⁻¹ en un rango de temperatura de 23 a 26°C esto nos dice que depende de la temperatura, la cantidad de oxígeno que absorben los organismos, requiriendo

do un ambiente mas oxigenado para que el lugar sea optimo para su desarrollo.

(Lopez R., Caamal M., Olvera N., Rosas c., 2015).

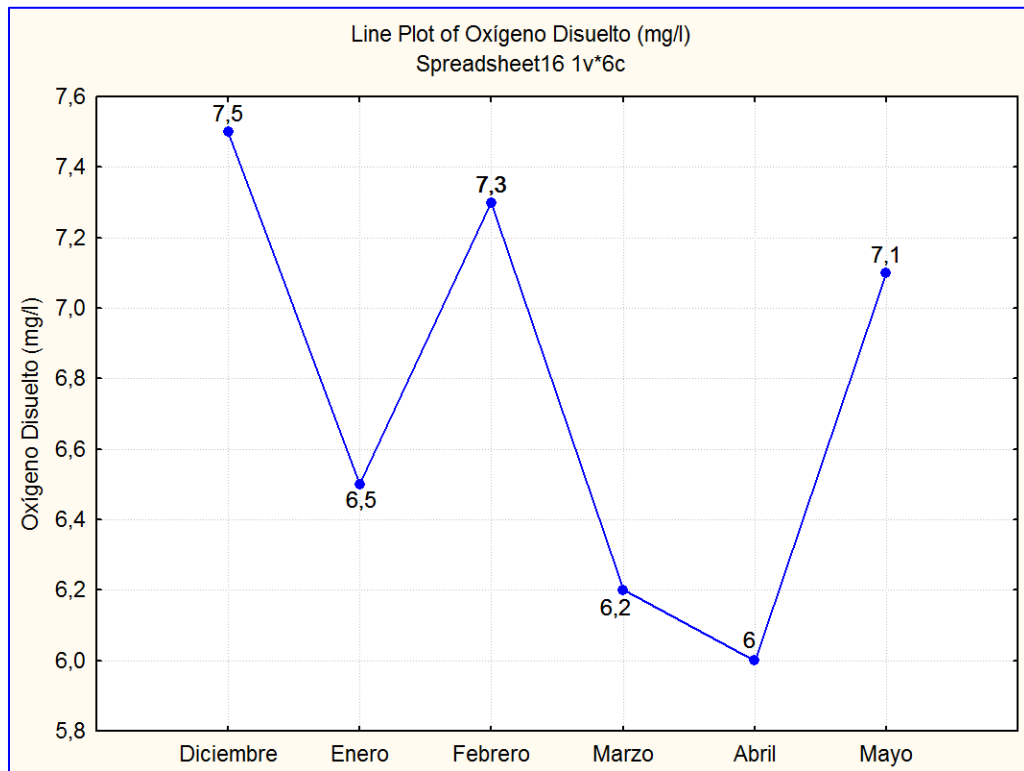


Gráfico 4.-Oxígeno disuelto durante los meses de monitoreo (3m profundidad).

9.1.3 POTENCIAL DE HIDRÓGENO pH

En los meses de monitoreo el nivel de pH fueron similares presentando como rango mínimo 8 y rango máximo 8,2 en general se registró un promedio de 8,1 valor que se mantuvo estable durante los meses de investigación (Gráfico 5).

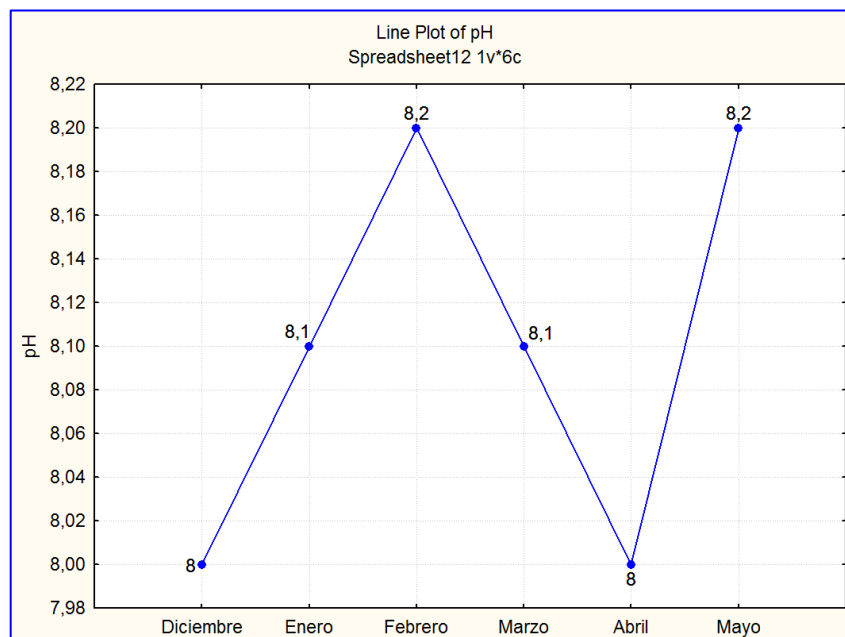


Gráfico 5.-pH durante los meses de monitoreo.

9.1.4 VISIBILIDAD

La Visibilidad presentó variaciones durante los meses de monitoreo, inicialmente en el mes de diciembre fue de 9 m, en el mes de enero 10 m, en febrero otra vez fue de 9 m, en marzo la visibilidad se registró en 7 m, en marzo la visibilidad fue mayor con 8 m. Finalmente en mayo se presentó una gran visibilidad en el océano, registrándose una visibilidad de 10 m (Gráfico 6).

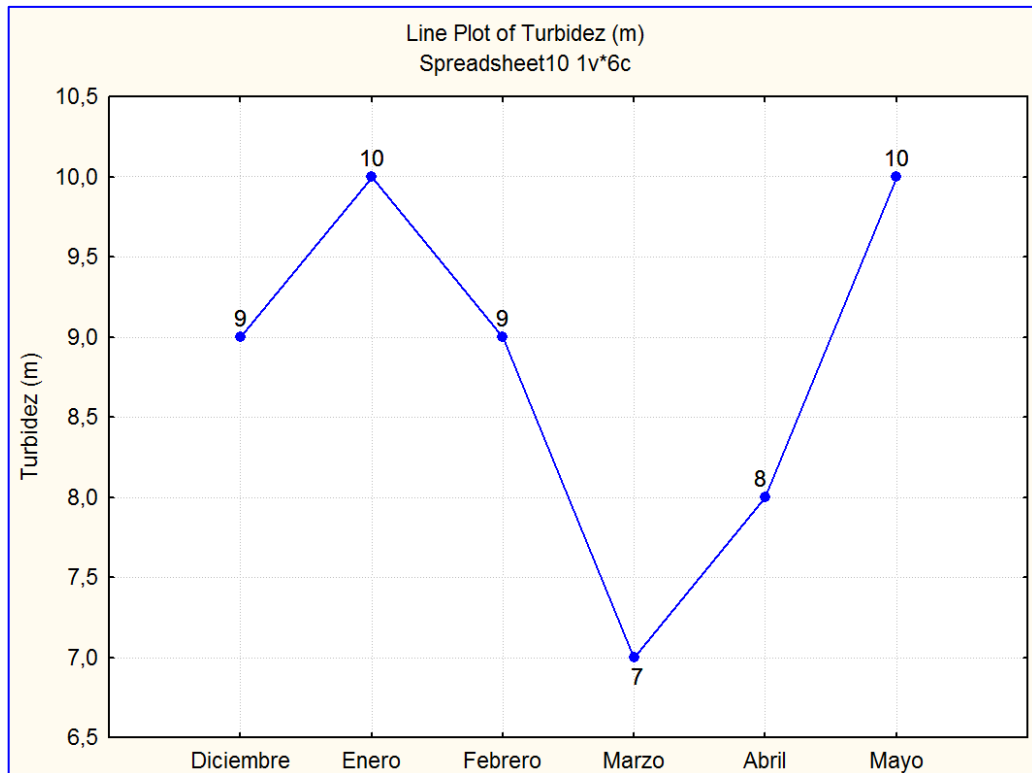


Gráfico 6.-Visibilidad durante los meses de monitoreo.

9.1.5 SALINIDAD

Presentó variaciones durante los meses de monitoreo, inicialmente en el mes de diciembre la salinidad fue de 36 ups, en el mes de enero 35,5 ups, en febrero otra vez fue de 36,1 ups, en marzo cambió a 37 ups, no varió casi nada en abril registrándose en 36.9 ups. Finalmente en mayo la salinidad aumentó a 37,3 ups en el océano (Gráfico 7).

La salinidad puede influir drásticamente en su supervivencia y reproducción ya que según el estudio realizado por Hu et al, (2010) las tolerancias de la salinidad son limitadas a mas-menos 10ppm de lo normal que suele ser 34ppm de salinidad.

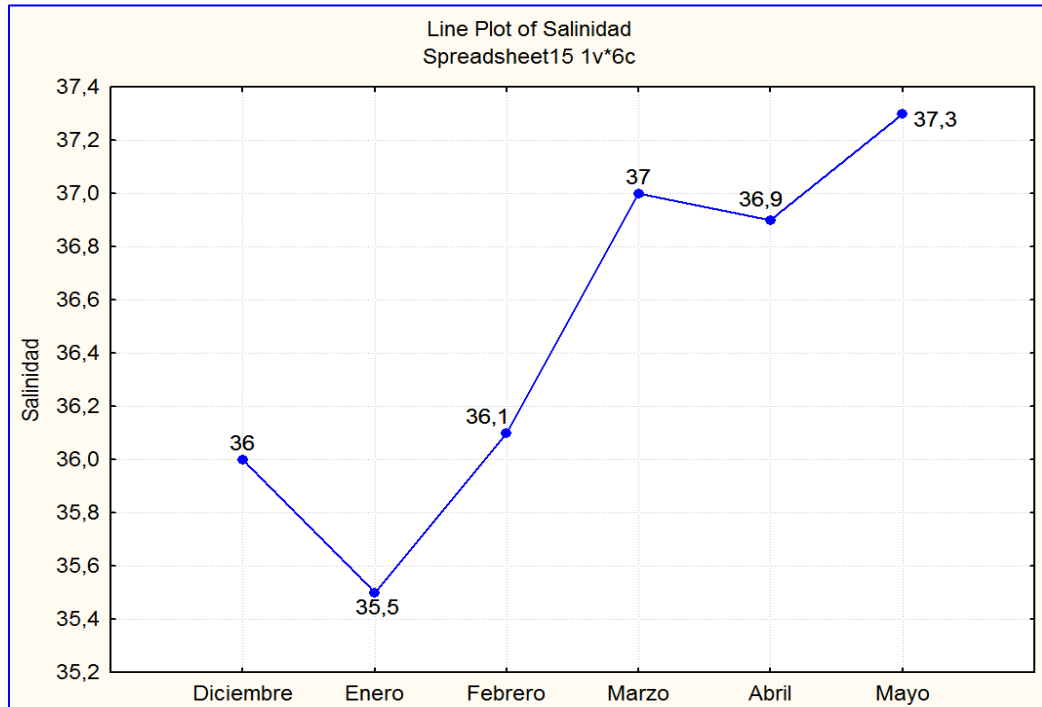


Gráfico 7.-Salinidad durante los meses de monitoreo.

9.1.6 TEMPERATURA

La temperatura se tomó a 3 metros de profundidad en un punto clave (lugar ubicado en el centro de los seis bajos muestreados) de la reserva. En el mes de diciembre se registró una temperatura de 26,5°C en enero hubo un ligero aumento pero en el mes de febrero hubo un incremento hasta 27°C, en marzo la temperatura presentó un descenso considerable registrándose a 26,3°C pero en abril la temperatura aumentó a 27°C y finalmente el mes de mayo se registró a 27,3°C (Gráfico 8). Cabe resaltar que según un estudio realizado en la península de Yucatán el cual demuestra que la temperatura ejerce una influencia importante sobre el meta-

bolismo de los pepinos de mar, siendo 24°C la temperatura a la cual los organismos muestran un mayor campo de crecimiento (Lopez R., Caamal M., Olvera N., Rosas c., 2015).

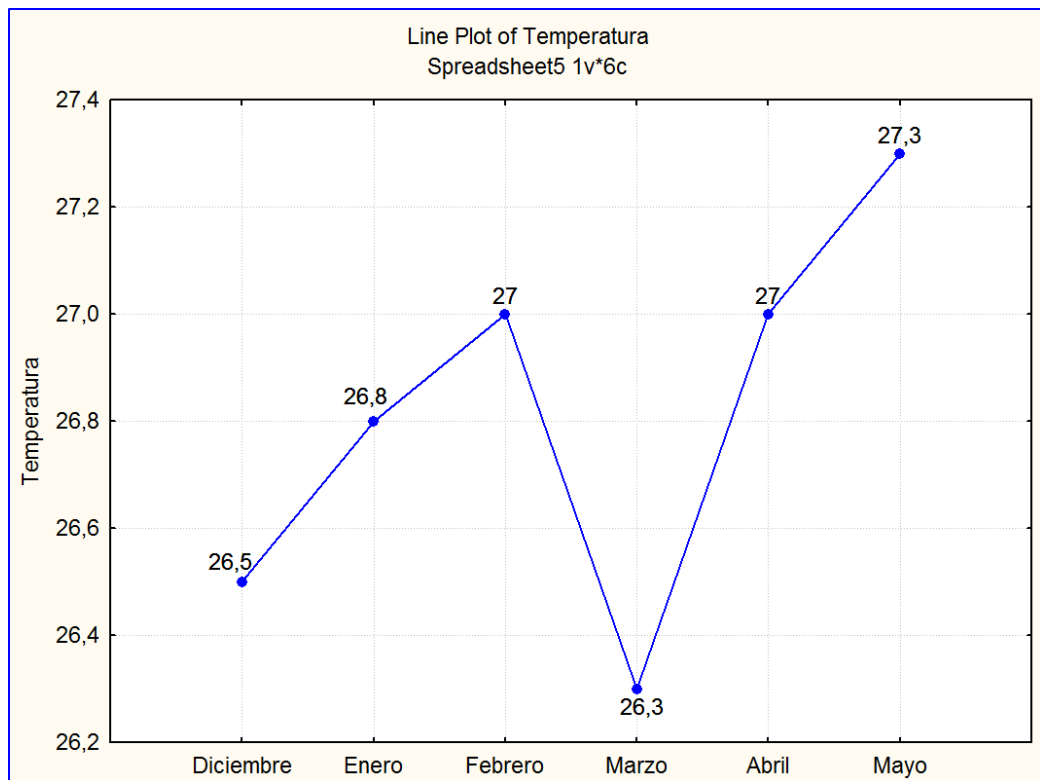


Gráfico 8.-Temperatura (°C) (3m profundidad) en la REMAPE, durante los meses de monitoreo.

9.2 EXTENSIÓN DE LOS ARRECIFES Y ÁREA MONITOREADA

Para la determinación de la extensión de los bajos rocosos que circundan el Islote El Pelado, fueron consultados varios buzos que se han dedicado a la actividad del buceo de recreación por varios años y que conocen muy bien el área.- Según ese

criterio se determinó que la superficie total de los bajos: El acuario, la Pared, El 40, El Rabo del Viejo, Lancha Rigel y El Planchón es de 6655m². En cada uno de estos bajos se realizó el Transepto de Barrido Circular por dos ocasiones en lugares distintos, logrando realizar un total de 12 inmersiones cubriendo un área de 1200 m² que representa el 18% del área total, en profundidades que oscilaron entre los 10 y 21 metros (Tabla 2).

Tabla 2.- Dimensiones de los arrecifes, área monitoreada con la Técnica del barrido Circular, área monitoreada en porcentajes

SITIOS DE MONITOREO PARA <i>Isostichopus fuscus</i>	Largo	Ancho	Área del arrecife (m²)	Área monitoreada $A = \pi \cdot r^2$	Área monitoreada (%)
Bajo El Acuario	25	30	750	200	26,6
Bajo La Pared	80	15	1200	200	16,7
Bajo El 40	100	20	2000	200	10
Bajo el Rabo del Viejo	50	20	1000	200	20
Bajo Lancha Rigel	21	5	105	200	95,2
Bajo El Planchón	80	20	1600	200	12,5
Total parcial			6655	1200	18

9.3 DENSIDAD POBLACIONAL

Se identificó la especie de pepino de mar *Isostichopus fuscus*, la misma que cuenta con un stock poblacional bajo (menos de 0,06 individuos por m²). Se cuantificó 21 individuos, siendo el sitio más poblado el bajo La Lancha Rigel con 6 individuos y el sitio menos poblado el bajo El Planchón con 1 solo pepino de mar.

En cada bajo se obtuvo el dato de la relación entre el número de pepinos de mar encontrado sobre una superficie de 200 m² (que fue el área monitoreada en cada sitio).

En el bajo El Acuario la densidad poblacional fue de 0,01 ind./m², mientras que en el bajo La Pared la densidad poblacional fue de 0,015 ind./m² y en el bajo El 40 la densidad poblacional fue de 0,02 ind./m². En el Caso del bajo El Rabo del Viejo la densidad poblacional fue de 0,025 ind./m². Cabe indicar que en el bajo La Lancha Rigel la densidad poblacional fue de 0,03 ind./m² siendo esta la más alta con 6 individuos encontrados. Finalmente, en el bajo El Planchón la densidad poblacional fue de 0,005 ind./m² siendo esta la mas baja con solo un individuo encontrado (Gráfico 9).

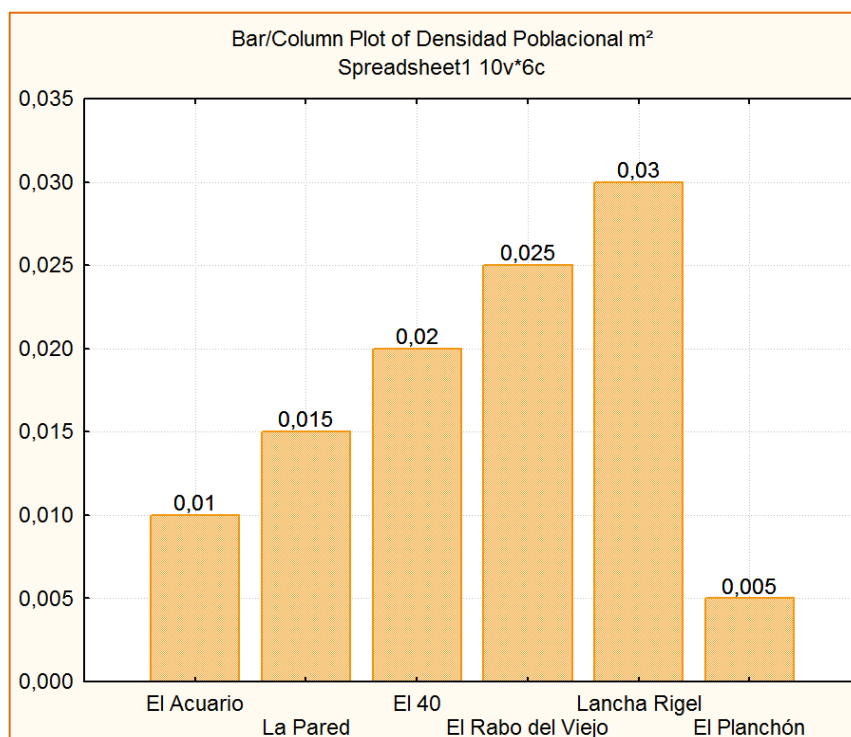


Gráfico 9.-Densidad poblacional pepinos de mar ind./ m².

En eje vertical representa el número de individuos por metro cuadrado y en el eje horizontal representa los bajos caracterizados

9.4 POBLACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE PEPINOS DE MAR

Los pepinos de mar encontrados en los 6 bajos rocosos monitoreados con un área de cobertura de 1200 m² mediante la técnica de barrido circular, evidencian la baja densidad del recurso, con relación a los datos de densidades de los bajos parecidos que se investigaron en años pasados de las islas galápagos y se podría asumir como la casi desaparición del pepino de mar en esta Reserva Marina, ya que según por la información aportada por comuneros de la zona, dicen que en años pasados se podían apreciar mayor cantidad de pepinos de mar en los bajos cercanos al islote el pelado.

De los 21 pepinos de mar encontrados estos estuvieron distribuidos de la siguiente manera: En el Bajo El Acuario se registró 2 individuos, en el Bajo La Pared se encontró 3 individuos, en el Bajo El 40 se registró 4 individuos, en el Bajo El Rabo del Viejo se registró 5 individuos, en el sitio donde se halla la Lancha Rigel conocido como El Arenal se encontró 6 individuos y en el Bajo El Planchón se encontró 1 individuo (Gráfico 10).

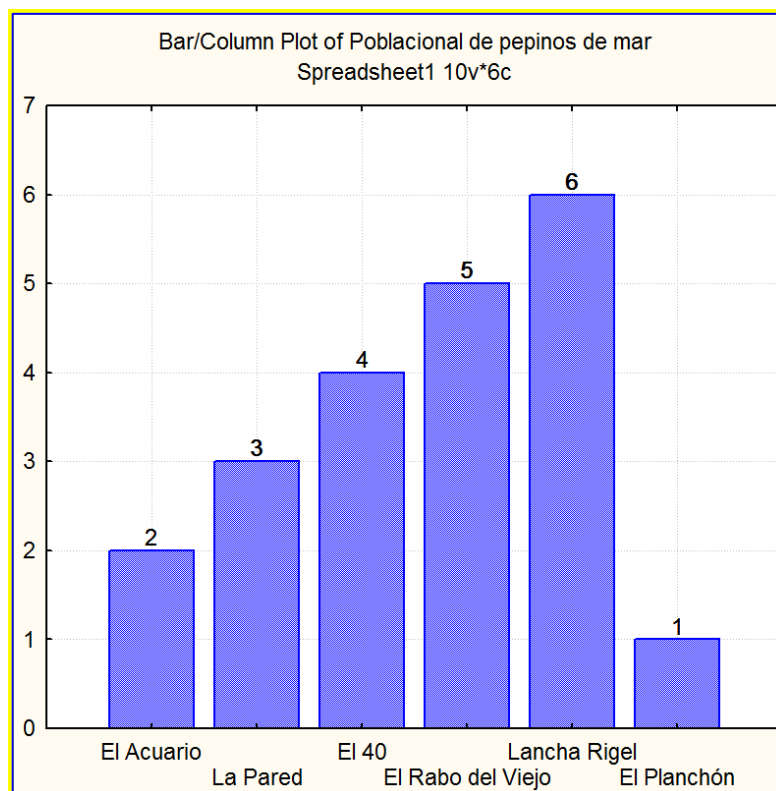


Gráfico 10.- Distribución de los pepinos de mar, según el bajo.

En el eje vertical se grafica el número de individuos y en eje horizontal los bajos investigados.

9.5 ABUNDANCIA DE PEPINOS DE MAR

Considerando los 21 pepinos de mar de la abundancia relativa se determinaron los porcentajes respectivos, los mismos que estuvieron distribuidos y localizados en los bajos rocosos de la siguiente manera: En el Bajo El Acuario se registró el 9 %, en el Bajo La Pared el 14 %, en el Bajo El 40 el 19 %, En el Bajo El Rabo del Viejo el 24 %, En el Bajo donde se halla la Lancha Rigel el 29 % y en el Bajo El Planchón el 5 % (Gráfico 11).



Gráfico 11.- Abundancia de pepinos de mar en los bajos monitoreados.

9.6 ESTRUCTURA DE TALLAS

Se obtuvo la información de la talla (cm) en los 6 bajos monitoreados, se registraron pepinos de mar con rangos de talla que va desde los 14 cm hasta los 22 cm con excepción del bajo Lancha Rigel donde se registró un solo pepino de mar con talla de 13 cm (Gráfico 12).

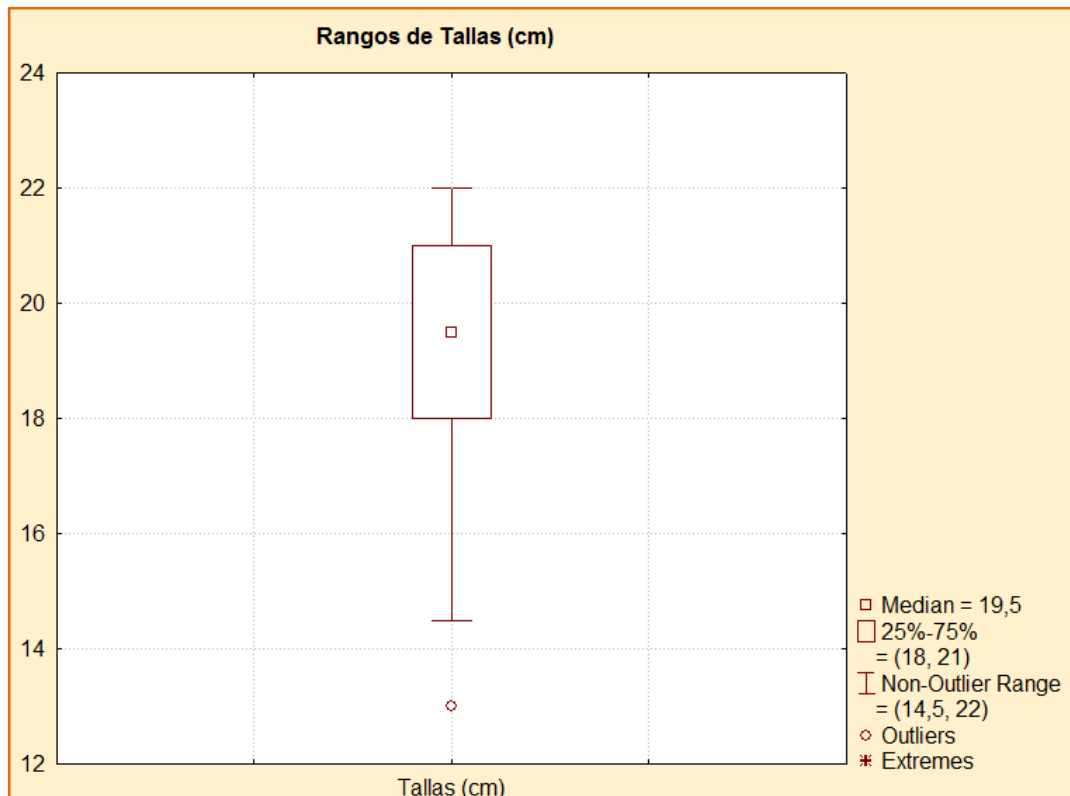


Gráfico 12.-Rangos de tallas de pepinos de mar.

El eje vertical representa la talla expresada en cm y en el eje horizontal representa el resumen total de los pepinos encontrados.

La talla de los pepinos de mar varió en cada uno de los arrecifes rocosos monitoreados. En el bajo El Acuario el rango de talla fue de 17.5 a 18 cm, en el bajo La Pared el rango de talla fue de 19 a 21.5 cm, en el bajo El 40 el rango de talla fue de 19.5 a 22 cm, en el bajo El Rabo del Viejo el rango de talla fue desde los 14.5 a 22 cm, en el bajo Lancha Rigel el rango de talla fue desde los 13 hasta los 22 cm y en el bajo El Planchón se registró sola una talla que fue de 19 cm (Gráfico 13).

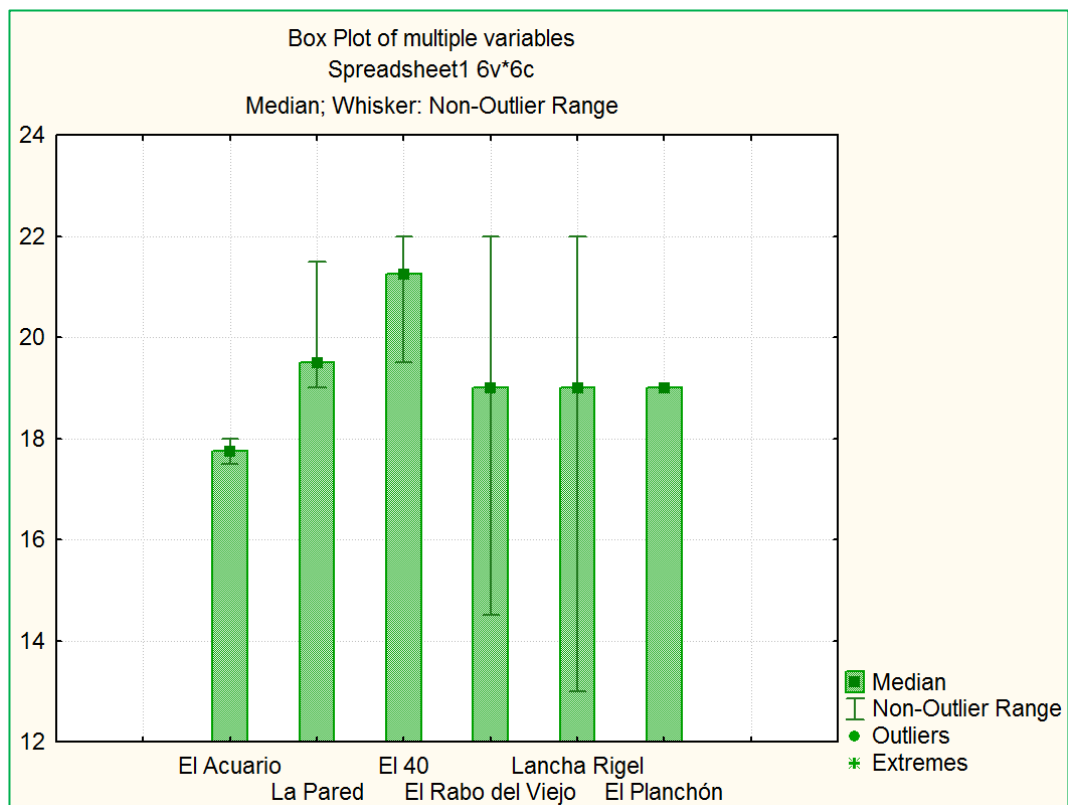


Gráfico 13.-Estructura de tallas de pepinos de mar por bajo monitoreado.

En eje vertical representa el rango de talla expresada en cm y en el eje horizontal representa los diferentes bajos en los que se monitoreo.

9.7 BIOMETRÍA POR BAJO MONITOREADO

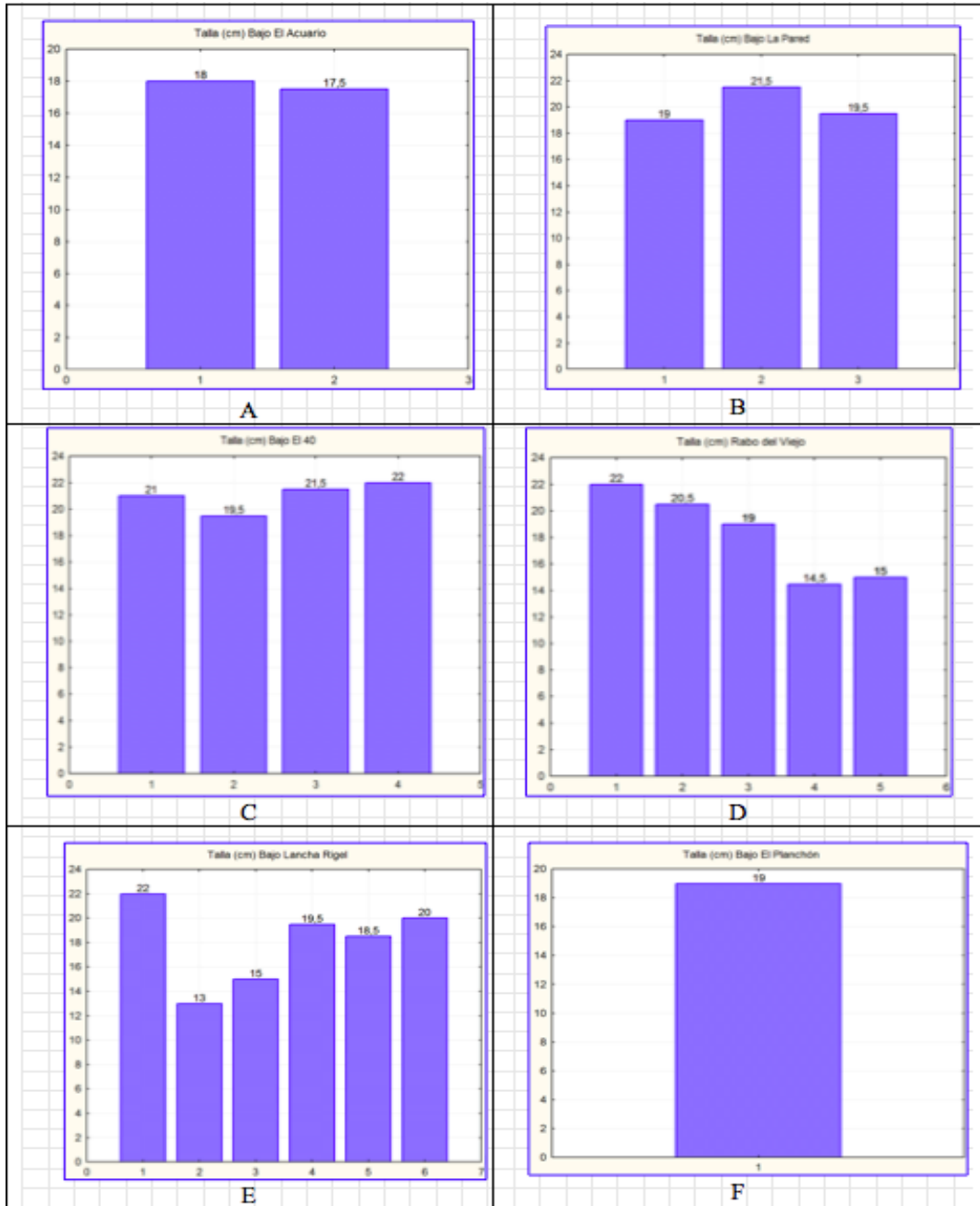


Gráfico 14.- (A) Talla en Bajo El Acuario, (B) Talla en el Bajo La Pared, (C) Talla en el Bajo El 40, (D) Talla en el Bajo Rabo Del Viejo, (E) Talla en el Bajo La Lancha Rigel, (F) Talla en el Bajo El Planchón

Los ejes verticales se grafican las tallas expresadas en centímetros y en los ejes horizontales el número de pepinos de mar.

Talla en Bajo El Acuario

En este bajo se pudo notar la escasez del recurso en estudio, apenas se registraron 2 pepinos de mar en los 200 m² monitoreados, un individuo con talla de 18 cm y el pepino de mar con talla de 17.5 cm. De acuerdo al tamaño del área debería existir una mayor población de pepinos de mar, pero estos son los resultados que nos brinda una idea clara sobre el estado del recurso en este bajo (Gráfico 14A).

Talla en el Bajo La Pared

En el Bajo La Pared en área muy extensa, conocido como uno de los arrecifes rocosos más poblados y diversos de la Reserva marina Islote El Pelado pero a pesar de estos atributos solo se registraron 3 pepinos de mar en los 200 m² monitoreados, con tallas de 19, 21.5 y 19.5 cm (Gráfico 14B)

Talla en el Bajo El 40

Anteriormente en los arrecifes rocosos de este bajo habitaba una gran población de 2 especies del grupo de los holotúridos pero actualmente la diversidad es muy poca (Calvache, 2013) en su informe de tesis de grado reportó 8 pepinos de mar de la especie *Isostichopus fuscus* en este bajo, en la presente investigación se encontraron solamente 4 de pepinos de mar en los 200 m² monitoreados, con tallas de 21, 19.5, 21.5 y 22 cm (Gráfico 14C).

Talla en el Bajo Rabo Del Viejo

El Rabo del Viejo es un bajo constituido por rocas en su mayoría en forma de planicie con relieves pocos pronunciados. En este bajo se registraron 5 individuos de pepinos de mar en los 200 m² monitoreados, con tallas de 22, 20.5, 19, 14.5 y 15 cm (Gráfico 14D).

Talla en el Bajo La Lancha Rigel

En este bajo se registraron 6 pepinos de mar en los 200 m² monitoreados, con tallas de 22, 13, 15, 19.5, 18.5 y 20 cm, comparando con otros bajos este es el más poblado, solo un pepino estaba adherido en el lado derecho de la Lancha Rigel, el resto se los encontró alrededor de la Lancha (Gráfico 14E).

Talla en el Bajo El Planchón

En este bajo se registró solo un pepino de mar en los 200 m² monitoreados, con una talla de 19 cm. La diversidad de flora y fauna es menor con respecto a los otros bajos monitoreados (Gráfico 14F).

10. CONCLUSIONES

1. Las estimaciones de densidades que se realizaron en los 6 bajos reconocidos de la Reserva Marina “Islote El Pelado”; El Acuario, La Pared, El 40, El Rabo del Viejo, La Lancha Rigel conocido también como El Arenal y El Planchón, demuestran que la población de pepinos de mar se encuentra en descenso, los bajos comparativamente con mayores densidades de *I. fuscus* son La Lancha Rigel, El Rabo del Viejo y El 40 con una densidad poblacional de 0,03, 0,025 y 0,02 ind./m² respectivamente y los bajos con menos densidades son La Pared, El Acuario y El Planchón con una densidad poblacional de 0,015, 0,01 y 0,005 ind./m² respectivamente.
2. Los monitoreos realizados permitieron una estimación de la densidad poblacional, obteniendo la abundancia relativa de 21 pepinos de mar cuantificados en un área total de 1200 m² siendo La Lancha Rigel la mas poblada, con 6 pepinos y una abundancia del 29% y el bajo El Planchón el menos poblado, con un solo individuo y una abundancia de 5 %, esto se puede atribuir a la mayor presencia de pepinos de mar en el bajo la Lancha Rigel se deba a que al ser este una entrante del islote se produce mayor cambio de corrientes moviendo con mas frecuencia los sedimentos, por esta razón la presencia de partículas en suspensión es mayor, siendo una fuente de mayor valor nutricional para esta especie. En el análisis de superficie de hábitat viable se puede concluir que la superficie ideal de

esta especie son las entrantes rocosas ya que la mayor presencia de individuos identificados se los localizo en este tipo de zonas.

3. La comparación de los parámetros entre bajos como temperatura, oxígeno disuelto, pH, y salinidad no presentó diferencias significativas, manteniéndose dentro de sus rangos normales, esto es un indicador positivo, que permite un ambiente óptimo, para la presencia de estos organismos en cada bajo, aunque no muy equitativa ya que hay diferencias en la densidad poblacional de pepinos de mar , esto es debido a que en los bajos mas cercanos al islote se produce mayor choque de corrientes con el fondo provocando aguas mas oxigenadas y a su vez un ambiente mas ideal para esta especie.

4. En el análisis de la estructura de talla por sitios de estudio, se obtuvo datos de pepino de mar *I. fuscus*, en los cuales sus medidas oscilaban entre los 17 a 22cm de longitud, siendo El Acuario, La Pared, El 40, y El Planchón, los bajos que tienen tallas mas grandes de entre 17,5 a 22cm de longitud y el bajo la Lancha Rigel y El Rabo del Viejo los bajos con tallas mas pequeñas (de menos de 17 cm) lo que representa que, de todos los organismos encontrados solo 6 individuos se encuentran en su madurez reproductiva, lo que representa un problema para la población total, ya que la ausencia de individuos de mayor talla o mayor número podría ser

producto de la extracción de la pesca artesanal de esta especie, por ser de alto interés comercial, poniéndola en riesgo de desaparecer en esta nueva reserva.

11. RECOMENDACIONES

1. Monitorear otros bajos de la Reserva Marina Islote El Pelado para obtener información sobre el stock poblacional de pepinos de mar y complementar el estudio realizado.
2. Con el apoyo de las autoridades competentes y con la participación de los estudiantes de la Escuela de Biología Marina de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, junto a la comunidad, se debería elaborar un proyecto que incluya el monitoreo del 100 % de los bajos rocosos de la Reserva Marina para obtener información actualizada de las poblaciones de pepinos de mar y otras especies de interés comercial, que se encuentran en situación de riesgo.
3. Junto a los parámetros físicos también se debería realizar análisis químicos, con el objetivo de determinar si existe algún tipo de afectación por presencia de agentes contaminantes que pudieran afectar a las poblaciones de las especies en la Reserva Marina.
4. Antes de emprender iniciativas de repoblación de especies, es fundamental realizar evaluaciones periódicas y monitoreos in situ para estimar la carga poblacional del recurso.

12. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar F, X Chalén, F Castro, J Sonnenholzner & M Herrera 1993. Evaluación del recurso pepino de mar, Holothuroidea, al este de la isla Fernandina en la provincia de Galápagos.

Aguilar-Ibarra A & G Ramírez-Soberón 2002. Economic reasons, ecological actions and social consequences in the Mexican sea cucumber fishery. *Beche-de-Mer* 17: 33–36.

Altamirano M., Toral-Granda M.V. & E. Cruz 2004. The application of the adaptative principle to the management and conservation of *Isostichopus fuscus* in the Galápagos Marine Reserve. En; Lovatelli A, Conand C, Purcell S, Uthicke S, Hamel JF & A Mercier (Eds.) *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management*. FAO.

Bakus, J.G. 1973. The biology and ecology of tropical holothurians. En: OA Jones & R Edeans (eds.) *Biology and Geology of Coral Reefs Vol. II*, Academic Press, New York, pp. 326–367.

Bakus, J.G. 1974. Toxicity in holothurians: A geographical pattern. *Biotropica* 6(4): 229-236.

Bravo, E. (2004). Las áreas protegidas y la privatización de la vida. Revista Biodiversidad, Sustento y Cultura, (41).

Calvache, D. 2013. Estudio Ecológico del Phylum Echinodermata (Asterozoa, Ophiurozoa, Echinozoa y Holothurozoa) en los bajos “La Cola” (1°55'59,21” S – 80°47'21,65” W) y “El 40” (1°56'18,68” S – 80°47'12,72” W) del Islote El Pelado, Bahía de Ayangue, Provincia de Santa Elena. UPSE. La Libertad Ecuador, pág. 79. Tesis de grado.

Cascante Mosquera, W. X., Carpio Ochoa, S. S., Chang Rizzo, J. R., & Cornejo Zavala, J. R. (2009). Invertebrados.

Caso, M.E. 1961. Los equinodermos de México. Tesis Doctoral, Fac. Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México 388p.

Clark L.H. 1922. The holothurians of the genus *Stichopus*. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology. 65 (p. 3).

Conand, C. (2006). Sea cucumber biology, taxonomy, distribution and conservation status. In *workshop on the conservation of sea cucumbers in the families Holothuriidae and Stichopodidae* (p. 33).

De Paco C., M. Hurtado, C. McFarland, P Martínez, G. Reck & R. Richmond 1993. Evaluación de la pesquería de pepinos de mar en las islas Galápagos - Ecuador. Informe para la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN) como resultado de la Misión realizada a solicitud de la Fundación Charles Darwin para las Islas Galápagos (p. 25).

Deichmann E. 1958. The Holothuroidea collected by The Velero II and IV during the years 1932 to 1954, Part II. Aspidochirota. The University of Southern California Publications, Allan Hancock Pacific Expeditions, Volume 11, Number 2. Los Angeles, California.

Ecuador. Ministerio del Ambiente 2012. Acuerdo Ministerial 118: Créase el área protegida denominada Reserva Marina “El Pelado”.

Efecto de la temperatura en el balance energético de pepino de mar *Isostichopus badionotus*. *Estefany del Rosario Lopez Ripoll, Claudia Caamal Monsreal, Miguel Olvera Novoa, Carlos Rosas* (en línea) http://www.colacmar-senalmar2015.com/index.php/eventos/colacmar_senalmar/paper/view/1315 (consultado el 24 de mayo del 2015)

Eylers, J. P. (1982). Ion-dependent viscosity of holothurian body wall and its implications for the functional morphology of echinoderms. *Journal of Experimental Biology*, 99(1), 1-8.

García Moreno, A., Outerelo, R., Ruiz, E., Aguirre, J. I., Almodóvar, A., Alonso, J. A., & Cano, J. (2012). Prácticas de Zoología. Estudio y diversidad de los Equinodermos. REDUCA (Biología), 5(3).

González Navarro, P. (2012). Biología y ecología de las holoturias [Echinodermata: Holothuroidea] de la isla de Gran Canaria (Atlántico Centro-Oriental)

González Neira, Y., & Vera Figueroa, A. (2006). Proyecto de cría y exportación de pepino de mar al mercado asiático.

Hendrickx, M.E. 1979. Range extensions of fiddler crabs (Decapoda, Brachyura, Ocypodidae) on the Pacific coast of America. *Crustaceana* 36 (2): 200-202.

Herrero-Pérezrul M.D., Reyes-Bonilla H.&F. García-Domínguez 1998. Casual hermaphroditism in gonochoric *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Echinodermata: Holothuroidea) of the southern Gulf of California, Mexico. *Bulletin of Marine Science*. 63, 611-615.

Herrero-Pérezrul M.D., Reyes-Bonilla H., García-Domínguez F. & C.E. Cintra-Buenrostro 1999. Reproduction and growth of *Isostichopus fuscus* (Echinodermata: Holothuroidea) in the southern Gulf of California, Mexico. *Marine Biology*. 135, 521-532.

Hu, M.Y., Li, Q., and Li, L. (2010) Effect of salinity and temperature on salinity tolerance of the sea cucumber *Apostichopus japonicus*. *Fisheries Science* 76, 267-273.

Instituto Nacional de Pesca. Documento preparado para la Subsecretaría de Recursos Pesqueros del Ecuador. Guayaquil. 22 pp.

Kerstitch, A. 1989. Sea of Cortez Marine Invertebrates. A Guide for the Pacific Coast Mexico to Ecuador. *Sea Challengers*. Monterrey, CA. 108-109.

Ludwig, H., 1875. Beitrage zur Kenntniss der Holoturien und Nachtrg., *Zool. Zoot. Inst. Wurzburg*. 2: 77-118.

Mantelli de la Fuente, J. A. (2011). Factibilidad de Exportación de Pepinos de Mar a Hong Kong (en línea) http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-mantelli_jf/pdfAmont/cf-mantelli_jf.pdf consulta (25 de marzo del 2015).

Moguel, C. Z., Lara, G. R., Herrera, I. H., Ortíz, M. G., Avilés, E. O., & Gómez, J. P. (2002). *Catálogo de especies de pepino de mar comercializables del Estado de Yucatán* (Vol. 1). UADY.

Morris, H.R. 1980. Intertidal Invertebrates of California, Stanford University Press. Stanford Calif. USA. 137-147.

Ocaña, A., & Pérez-Ruzafa, A. (2004). Los equinodermos de las costas andaluzas. *Acta Granatense*, 3, 83-136.

Pomeroy, R. S., Parks, J. E., & Watson, L. M. (2007). Cómo evaluar una AMP: manual de indicadores naturales y sociales para evaluar la efectividad de la gestión de áreas marinas protegidas. IUCN (en línea) <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/PAPS-012-Es.pdf> (consultado el 22 de febrero del 2015)

Prieto Ríos, E. (2010). Taxonomía de Holothuroidea (Echinodermata) del mar del Perú.

Purcell, S. W., Samyn, Y., & Conand, C. 2012. Commercially important sea cucumbers of the world.

Richmond R. & P.C. Martínez 1993. Sea cucumber fisheries in the Galápagos islands: Biological aspects, impacts and concerns. Submitted to the International Union for the Conservation of Nature (IUCN). Informe Técnico.

Ruiz, J., Ibáñez, C. M., & Cáceres, C. W. (2007). Morfometría del tubo digestivo y alimentación del pepino de mar *Athyonidium chilensis* (Semper, 1868) (Echinodermata: Holothuroidea). *Revista de biología marina y oceanografía*, 42(3), 269-274.

Rupert E. & Barnes R. 1996. Zoología de los Invertebrados, sexta edición, McGraw-Hill Interamericana, 974 – 984 pp.

Ruzafa, A. P., & Diego, C. M. (1985). Técnicas de recolección y estudio en la clase Holothuroidea. I. Generalidades, sistemática, ecología, biología y comportamiento. Universidad de Murcia. In *Anales de Biología* (Vol. 3, No. 1985, pp. 13-35).

Salgado- Castro, L.R., 1994. Propuesta de las opciones de manejo de las pesquerías de pepino de mar en las costas oriental y occidental de Baja California, México. CRIP-Ensenada. Inst. Nat. De la pesca. 27p.

Secretaria de Gestión de Riesgos 2012. Referencias básicas para la gestión de riesgos. Quito, Ecuador.

Shepherd S.A.&D.Partington 1995. Studies on southern Australian abalone (Genus *Haliotis*). XVI. Recruitment, habitat and stock relations. *Marine and Freshwater Research* 46: 669–680.

Shepherd S.A., V Toral-Granda & G.J. Edgar 2003. Estimating the abundance of clustered and cryptic marine macro-invertebrates in the Galápagos with particular reference to seacucumbers. *Noticias de Galápagos* 62:36-39.

Sierra-Rodríguez, P. 1994. Prospección de pepino de mar *Stichopus fuscus* en la costa de Oaxaca, México. Primer taller de evaluación sobre la investigación de pesquerías ribereñas del pacifico mexicano, CRIP. Manzanillo. Inst. Nal de la Pesca. 15 p.

Toral-Granda M.V. & P.C. Martínez 2004. Population density and fishery impacts on the sea cucumber (*Isostichopus fuscus*) in the Galápagos Marine Reserve. *En: Lovatelli A, Conand C, Purcell S, Uthicke S, Hamel JF & A Mercier (Eds.) Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management. FAO, Rome.*

Toral-Granda, V. 2008. Galapagos Islands: a hotspot of sea cucumber fisheries in Latin America and the Caribbean. Sea cucumbers: A global review of fisheries and trade, 231-253.

Wellington G.M. 1974. Ambientes marinos de Galápagos. Reporte Técnico para el Departamento de Parques Nacionales y Vida Silvestre. 357 pp.

Zamorano, P., & Leyte-Morales, G. E. (2005). Cambios en la diversidad de equinodermos asociados al arrecife coralino de La Entrega, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*, 9(27), 19-28.

13. ANEXOS



Foto 7.- Reserva Marina El Pelado.



Foto 8.- Implementando la técnica de Barrido Circular.



Foto 9.- Ejemplar de pepino de mar sobre la proa de Lancha Rigel.



Foto 10.- *Isostichopus fuscus*, sobre rocas Bajo El 40.



Foto 11.- Uso de disco Sechi, para determinación de visibilidad.



Foto 12.- Medición de talla de pepino de mar.

Tabla 3.- Densidad poblacional por metro cuadrado *Isostichopus fuscus*.

SITIOS DE ESTUDIO	DENSIDAD POBLACIONAL
Bajo El Acuario	0,01
Bajo La Pared	0,015
Bajo El 40	0,02
Bajo el Rabo del Viejo	0,025
Bajo La Lancha Rigel	0,03
Bajo El Planchón	0,005

Tabla 4.- Distribución poblacional de pepinos de mar *Isostichopus fuscus*.

SITIOS DE ESTUDIO	NÚMERO DE INDIVIDUOS
Bajo El Acuario	2
Bajo La Pared	3
Bajo El 40	4
Bajo El Rabo del Viejo	5
Bajo La Lancha Rigel	6
Bajo El Planchón	1

Tabla 5.- Abundancia de pepinos de mar *Isostichopus fuscus*.

SITIOS DE ESTUDIO	PORCENTAJE
Bajo El Acuario	10
Bajo La Pared	14
Bajo El 40	19
Bajo El Rabo del Viejo	24
Bajo La Lancha Rigel	29
Bajo El Planchón	5

Tabla 6.- Talla promedio de pepinos de mar *Isostichopus fuscus*.

SITIOS DE ESTUDIO	TALLAS (cm)
Bajo El Acuario	17,5
Bajo La Pared	20
Bajo El 40	21
Bajo el Rabo del Viejo	18,2
Bajo La Lancha Rigel	18
Bajo El Planchón	19

Tabla 7.- Estructura de tallas de pepinos de mar *Isostichopus fuscus* en centímetros.

Bajo El Acuario	Bajo La Pared	Bajo El 40	Bajo Rabo del Viejo	Bajo La Lancha Rigel	Bajo El Planchón
18	19	21	22	22	19
17,5	21,5	19,5	20,5	13	
	19,5	21,5	19	15	
		22	14,5	19,5	
			15	18,5	
				20	

Tabla 8.- Parámetros tomados en la zona de estudio.

MESES DE MONITOREO	TEMPERATURA (°C)	pH (Potencial de Hidrógeno)	SALINIDAD (ups)	VISIBILIDAD (m)	OXÍGENO DISUELTO (mg/l)
Diciembre	26,5	8	36	9	7,5
Enero	26,8	8,1	35,5	10	6,5
Febrero	27	8,2	36,1	9	7,3
Marzo	26,3	8,1	37	7	6,2
Abril	27	8	36,9	8	6
Mayo	27,3	8,2	37,3	10	7,1

Tabla 9.- Profundidad de los Bajos monitoreados.

SITIOS DE ESTUDIO	PROFUNDIDAD (m)
Bajo El Acuario	15
Bajo La Pared	20
Bajo El 40	21
Bajo el Rabo del Viejo	12
Lancha Rigel	18
Bajo El Planchón	11