

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ECOLOGÍA APLICADA**



**"RESILIENCIA DE LA COMUNIDAD DE MEIOBENTOS
EN TRES PLAYAS DEL ECUADOR FRENTE AL EVENTO
EL NIÑO 2015 - 2016**

RAQUEL ELIZABETH LEÓN MATEO

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
DE MAGISTER SCIENTIAE EN ECOLOGÍA APLICADA**

Lima - Perú

2022

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ECOLOGÍA APLICADA**

**"RESILIENCIA DE LA COMUNIDAD DE MEIOBENTOS
EN TRES PLAYAS DEL ECUADOR FRENTE AL EVENTO
EL NIÑO 2015-2016"**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
DE MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

RAQUEL ELIZABETH LEÓN MATEO

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

**Dra. Patricia Gil Kodaka
PRESIDENTE**

**Dr. Jorge Larry Tam Málaga
ASESOR**

**Mg. Sc. Víctor Hernán Aramayo Navarro
CO - ASESOR**

**Dr. Edgar Sánchez Infantas
MIEMBRO**

**Mg. Sc. Zulema Quinteros Carlos
MIEMBRO**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre y mi padre que desde pequeña me inculcaron amor por la ciencia, la investigación y el medio ambiente.

También se la dedico a mi esposo, Juan Andrés, parte de este trabajo es debido a su apoyo incondicional que me anima y reta en todo tiempo.

Y sobre todo, se la dedico a Dios, quien hace todo posible, incluyendo esta tesis y mis estudios de Maestría.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación ha sido posible gracias a la ayuda de varias personas e instituciones, que de diferentes maneras han contribuido en la culminación de mis estudios de postgrado, razón por la cual quiero agradecer:

Al Gobierno de Ecuador, expresamente a la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), por adjudicarme una beca completa para realizar mis estudios de Maestría en el país vecino de Perú.

A la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), por la oportunidad de formar parte del programa de Estudios de Maestría en Ecología Aplicada, en particular a su Plana Docente, que contribuyeron a mi formación profesional.

Al Dr. Jorge Tam Málaga, por los conocimientos impartidos, dedicación y paciencia para dirigir este trabajo de investigación.

Al Mg. Sc. Víctor Aramayo por su ayuda en la identificación de muestras en el laboratorio, análisis y revisión de esta tesis.

A los señores miembros del tribunal de Tesis por su guía, consejos y enseñanzas.

A la Universidad Técnica de Manabí, Carrera de Ingeniería en Acuicultura y Pesquerías, por brindarme las facilidades para el desarrollo de la investigación en sus instalaciones.

A la Dra. Eulalia Ibarra Mayorga por su apoyo incondicional, empuje, ánimo, conocimientos y sobretodo su cariño. Ha sido como una madre durante muchos años y mi carrera profesional no sería lo mismo sin su ayuda.

Al Mg. Sc. Jorge Vélez Falcones por su colaboración en el trabajo de campo, análisis y redacción. Gracias por ser más que un colega, ser un gran amigo.

Y a todas las personas que contribuyeron directa e indirectamente a la conclusión de este trabajo, muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	RESILIENCIA	3
2.2.	INDICADORES BIOLÓGICOS	4
2.3.	BENTOS MARINO.....	5
2.4.	PLAYAS	7
2.5.	“EL NIÑO”	8
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1.	ÁREAS DE ESTUDIO	11
3.2.	PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	12
3.3.	ANÁLISIS DE LABORATORIO	14
3.3.1.	Contenido de materia orgánica (MO).....	14
3.3.2.	Análisis granulométrico del sedimento	14
3.3.3.	Análisis de la meiofauna.....	14
3.3.3.1.	Decantación y lavado	14
3.3.3.2.	Separación por medio denso	15
3.3.3.3.	Identificación del meiobentos	15
3.4.	ANÁLISIS DE DATOS.....	15
3.4.1.	Parámetros biológicos	15
3.4.2.	Correlaciones	16
3.4.3.	Indicador de Resiliencia	16
3.4.4.	Prueba de hipótesis	17
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
4.1.	VARIABLES AMBIENTALES DEL AGUA DE MAR	18
4.1.1.	Temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH.....	18
4.2.	CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA	19
4.2.1.	Contenido de Materia Orgánica (MO)	19
4.2.2.	Caracterización granulométrica.....	20

4.3. ESTRUCTURA COMUNITARIA	21
4.3.1. Grupos taxonómicos	21
4.3.2. Índices ecológicos.....	22
4.3.3. Distribución espacio temporal de la abundancia y riqueza	24
4.4. CORRELACIONES VARIABLES AMBIENTALES Y BIOLÓGICAS.....	25
4.5. INDICADORES DE RESILIENCIA	29
4.5.1. Análisis Cluster	29
4.5.2. Análisis de Principales Componentes.....	30
4.5.3. One – Way NPMANOVA.....	34
4.6. INDICADOR MULTIVARIADO DE RESILIENCIA	35
4.7. DISCUSIÓN	37
4.7.1. Condiciones Ambientales	37
4.7.2. Estructura comunitaria.....	38
4.7.3. Resiliencia	39
V. CONCLUSIONES	41
VI. RECOMENDACIONES.....	43
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
VIII. ANEXOS	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Localización geográfica de las playas seleccionadas de San Vicente.....	12
Tabla 2. Promedio total de los parametros ambientales registrados en las localidades estudiadas	18
Tabla 3. Correlaciones de variables ambientales y ecológicas para Canoa.....	26
Tabla 4. Correlaciones de variables ambientales y ecológicas para Briceño	27
Tabla 5. Correlaciones de variables ambientales y ecológicas para Punta Napo	28
Tabla 6. Distribución de Varianzas del PCA realizado a Canoa, Briceño y Punta Napo....	31
Tabla 7. Análisis One - Way NPMANOVA Canoa.	35
Tabla 8. Análisis One - Way NPMANOVA Briceño.....	35
Tabla 9. Análisis One - Way NPMANOVA Punta Napo.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fotografías microscópicas de algunas taxas de meiofauna.....	7
Figura 2. Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar para febrero 2015	10
Figura 3. Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar para diciembre 2015	10
Figura 4. Ubicación de playas arenosas: Punta Napo (A), Briceño (B) y Canoa (C).....	11
Figura 5. Esquema de transectos para la toma de muestras.....	13
Figura 6. Variación mensual de parámetros ambientales en las playas de Canoa, Briceño y Punta Napo	19
Figura 7. Fluctuación porcentual de materia orgánica del sedimento durante el tiempo de muestreo	20
Figura 8. Granulometría promedio del sedimento de las playas	21
Figura 9. Composición porcentual de grupos taxonomicos de organismos meiobenticos analizados en 3 playas arenosas	22
Figura 10. Abundancia y riqueza de organismos meiobenticos de 3 playas arenosas	23
Figura 11. Índices ecológicos de organismos meiobenticos de 3 playas arenosas	23
Figura 12. Análisis de la dinámica temporal de la abundancia y riqueza del meibentos	23
Figura 13. Análisis de agrupamiento restringido usando la distancia Euclideana de las playas Canoa, Briceño y Punta Napo	24
Figura 14. Biplot de Análisis de Componentes Principales entre fechas en base a taxa de la playa Canoa	30
Figura 15. Correlación de los componentes 1, 2 y 3 de la playa Canoa.....	32
Figura 16. Biplot de Análisis de Componentes Principales entre fechas en base a taxa de la playa Briceño.....	32
Figura 17. Correlación de los componentes 1 y 2 de la playa de Briceño.....	33
Figura 18. Biplot de Análisis de Componentes Principales entre fechas en base a taxa de la playa Punta Napo	33
Figura 19. Correlación de los componentes 1 y 2 de la playa Punta Napo	34
Figura 20. Índice multivariado de resiliencia promedio.....	34
Figura 21. Índice multivariado de resiliencia en cada playa.	36
Figura 22. Series de tiempo de anomalías de TSM (° C) para la región NIÑO 1 + 2, 1997–2016.....	36
Figura 23. Diagrama de eventos naturales.....	37

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Mapa de Canoa.	49
Anexo 2. Mapa de Briceño.	50
Anexo 3. Mapa de Punta Napo.....	51
Anexo 4. Río Canoa	52
Anexo 5. Río Briceño.	52
Anexo 6. Playa de Canoa.....	53
Anexo 7. Registro de la pendiente en la playa de Punta Napo.....	53
Anexo 8. Toma de salinidad, pH y oxígeno con Multiparametro en la playa de Briceño... 54	
Anexo 9. Fijación de muestras en la playa de Canoa	54
Anexo 10. Análisis granulométrico	55
Anexo 11. Análisis de materia orgánica.....	55
Anexo 12. Estadística Univariada para los datos biológicos y ambientales de la playa de Canoa	56
Anexo 13. Estadística Univariada para los datos biológicos y ambientales de la playa de Briceño.....	57
Anexo 14. Estadística Univariada para los datos biológicos y ambientales de la playa de Punta Napo.....	58

RESUMEN

La resiliencia se entiende como la capacidad de recuperación de un sistema después de una perturbación y volver a un estado similar al original al que se encontraba, o de mantener ciertas características funcionales claves pre-existentes. El objetivo de este estudio fue determinar la resiliencia de las comunidades meiobentónicas frente al evento “El Niño” 2015-16, en tres playas ecuatorianas. Esta resiliencia se midió mediante un índice multivariado de resiliencia (IMR) y en términos del restablecimiento de los atributos comunitario del meiobentos antes durante y después de que este fenómeno influyera en la costa de Ecuador. Se monitoreó un conjunto de tres estaciones de muestreo por un período de un año, caracterizando los cambios en la composición meiobentónica y en función a la variabilidad ambiental del agua de mar y sedimento de las playas. Los resultados muestran que los grupos taxonómicos encontrados en las playas arenosas de San Vicente son Nematodos, Platelmintos, Copépodos, Oligoquetos, Poliquetos, Foraminíferos y Alacáridos, siendo los nematodos el grupo con mayor densidad de individuos por cm^2 con un 80 a 90%. Asimismo, que las playas de Canoa y Briceño son moderadamente resilientes, mientras que Punta Napo muestra bajo índice de resiliencia. Las trayectorias multivariadas muestran que el evento El Niño 2015-16 afectó las comunidades meiobentónicas de las tres playas hasta marzo 2016, junto con los efectos climáticos de la estacionalidad ambiental y el terremoto de abril 2016, por otro lado, los cambios en las abundancias de las comunidades del ecosistema de playas son dinámicos, ya que cambian de un estado original a otro estado impactado, pero la composición taxonómica no presentó cambios significativos.

Palabras clave: Resiliencia, playas arenosas, comunidad de meiobentos, fenómeno El Niño

ABSTRACT

Resilience is defined as the ability of a system to recover after a disturbance and return to a state similar to the original it was in, or to maintain certain key pre-existing functional characteristics. The objective of this study was to determine the resilience of the meiobenthic communities in the face of the “El Niño” 2015-16 event, in three Ecuadorian beaches. This resilience was measured using a multivariate index of resilience (IMR) and in terms of the restoration of the community attributes of the meiobentos before, during and after this phenomenon influences the coast of Ecuador. A set of three sampling stations was monitored for a period of one year, characterizing the changes in the meiobenthic composition and as a function of the environmental variability of seawater and beach sediment. The results show that the taxonomic groups found on the sandy beaches of San Vicente are Nematodes, Flatworms, Copepods, Oligochaetes, Polychaetes, Foraminifera and Alacarids, with nematodes being the group with the highest density of individuals per cm² with 80 to 90%. Also, the beaches of Canoa and Briceño are moderately resilient, while Punta Napo shows a low index of resilience. The multivariate trajectories show that the 2015-16 El Niño event affected the meiobenthic communities of the three beaches until March 2016, together with the climatic effects of environmental seasonality and the April 2016 earthquake, on the other hand, changes in the abundances of the communities of the beach ecosystem are dynamic, since they change from an original state to another impacted state, but the taxonomic composition did not present significant changes.

KEYWORDS: Resilience, sandy beaches, meiobenthos community, El Niño phenomenon

I. INTRODUCCIÓN

El término de Resiliencia es muy amplio y abarca varios conceptos, como la cantidad de disturbios que un sistema puede absorber y aún así permanecer dentro del mismo estado, logrando su equilibrio y autoorganización (Carpenter *et al.* 2001), la capacidad de recuperarse después de una perturbación (DeAngelis 1980), volver a un estado similar al original al que se encontraba (Hansson & Helgesson 2003), o de mantener ciertas características funcionales claves dentro del ecosistema (Ludwig *et al.* 1997).

Conocer la capacidad de resiliencia de un sistema es importante en los esfuerzos para incrementar y mantener los estados deseados de los ecosistemas, para la gestión y manejo de recursos naturales (Folke *et al.* 2004, Hughes *et al.* 2005), especialmente en estos tiempos donde las perturbaciones naturales que afectan los ecosistemas están siendo agravadas por la acción del hombre a escala local y global (Scheffer *et al.* 2001).

Las zonas de playas, especialmente aquellas cercanas a la influencia humana, exhiben diferentes muestras de impactos y perturbación, no sólo por eventos naturales, sino también, por el amplio rango de actividades de origen antrópico que se realizan en este ambiente; consecuentemente, factores de impacto como la polución, eutrofización, modificaciones físicas del borde costero, etc., pueden afectar tanto la estabilidad de dicha zona como su resiliencia. Sin embargo, aún es reducido el número de estudios que se enfocan en la evaluación de los impactos tanto naturales como antrópicos sobre estos ecosistemas, para identificar la capacidad de respuesta y recuperación ante eventos internos y externos, y así contribuir a su conservación, manejo y gestión.

La estructura de las comunidades bentónicas puede responder a muchos tipos de estrés porque incluyen organismos con un rango variable de tolerancia fisiológica, tipo de alimentación e interacciones tróficas y una alta diversidad de requerimientos ecológicos (Wu 1998), estas razones aumentan el interés de usarlos como indicadores ecológicos para realizar buenas predicciones del impacto y brindan además información útil complementaria

para la determinación de la calidad ambiental de los sistemas marinos (Borja *et al.* 2000; Dauvin & Ruellet 2007).

La importancia del meiobentos radica en el rol que cumple dentro de los ciclos biogeoquímicos y en la cadena trófica del ecosistema marino, y de ahí la necesidad de conocer el comportamiento de tales comunidades frente a los cambios oceanográficos estacionales, anuales o interanuales (Yupanqui *et al.* 2007).

Con el cambio climático las zonas costeras son las más afectadas, debido a la elevación del nivel del mar, acidificación de los océanos, aumento de temperatura y mayores precipitaciones, entre otras, éstos son algunos de los impactos más importantes que pueden modificar la distribución, diversidad y abundancia de las especies marinas, incluyendo al bentos marino, estas afectaciones sumadas a las producidas por los eventos El Niño pueden generar sobre los ecosistemas costeros impactos mayores.

El presente proyecto busca determinar la Resiliencia de las comunidades de meiobentos frente al evento “El Niño” 2015-16, en tres playas ecuatorianas (Canoa, Briceño y Punta Napo).

La hipótesis de la investigación es que las comunidades meiobentónicas de las playas Canoa, Briceño y Punta Napo fueron resilientes al evento El Niño 2015 – 2016.

Se estableció como objetivo general: Determinar la resiliencia de las comunidades meiobentónicas frente al evento “El Niño” 2015 – 16 en tres playas ecuatorianas. Se determinaron como objetivos específicos: (i) Estimar la abundancia, riqueza, equidad y diversidad meiobentónica de tres playas del cantón San Vicente, provincia de Manabí, Ecuador; (ii) Establecer la correlación de las variables ambientales con la densidad del meiobentos; (iii) Determinar los patrones de distribución espacial y temporal de la comunidad de organismos con relación al tipo de sedimento; (iv) Determinar la resiliencia de las comunidades meiobentónicas frente a las perturbaciones ambientales.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. RESILIENCIA

La resiliencia se entiende como la capacidad que tiene un sistema, frente a una perturbación, de volver a su estado original o un estado cercano (Hansson & Helgesson 2003), de recuperación o de retorno a las condiciones pre-existentes (DeAngelis 1980, Tilman & Downing 1994) o como la magnitud de perturbación que puede ser absorbida hasta que las inestabilidades cambien la estructura, variables y procesos que controlan el comportamiento del sistema (Gunderson & Holling 2002, Holling 1973).

Estas propiedades se relacionan con la capacidad que posee un ecosistema para absorber stress y poder seguir proporcionando beneficios (como lo haría un sumidero para residuos o una fuente de bienes y servicios). Los ecosistemas con baja resiliencia pueden mantenerse funcionales y generar recursos y servicios ecosistémicos, pero cuando están sometidos a disturbios y efectos aleatorios, pueden alcanzar una degradación crítica y cambiar a otro estado. Tales cambios podrían derivar en conflictos que reducen el desarrollo, las opciones de habitabilidad y el consecuente impacto sobre la capacidad del ecosistema de soportar vida (Folke *et al.* 2004).

A menudo la resiliencia es relacionada con la estabilidad, donde la segunda es equivalente a "ningún cambio en la composición de especies o en el tamaño de las poblaciones de una comunidad", debido a que los sistemas naturales tienen una alta capacidad para absorber cambios sin alterarse drásticamente, sin embargo este carácter resiliente tiene sus límites, y cuando se sobrepasan, el sistema cambia rápidamente a otra condición (Holling 1973). Cuando los impactos son persistentes, el retorno al estado original es imposible a menos que la presión ejercida se reduzca o elimine totalmente (Hughes *et al.* 2005). En algunos casos el sistema cambia de tal manera que ya no recupera la composición original de especies (Scheffer *et al.* 2001).

Los conocimientos actuales en materia de ecología sugieren que la resiliencia depende, al menos en parte, de la diversidad de los organismos y de la heterogeneidad de las funciones ecológicas. Procesos ecológicos tales como producción primaria, descomposición de materia orgánica, y el reciclaje de nutrientes dependen de comunidades bióticas específicas constituidas por muchas especies diferentes. Si algunas especies se extinguen localmente, su papel funcional en el ecosistema puede perderse, o ser reemplazado por especies menos eficientes ya presentes, o por incorporación de otras (Covich 2006). Cuando se produce la extinción local de una especie, emerge una incertidumbre relacionada con la resiliencia de la comunidad ecológica y de los procesos del ecosistema que sostienen el reciclaje de nutrientes y la productividad, que son las bases para que funcione el ecosistema (Covich *et al.* 2004).

La pérdida de diversidad de especies subestima los impactos totales que resultan de la declinación de la diversidad al nivel de población, donde tamaños, biomasa, y composición genética de especies afectan los procesos del ecosistema y los bienes y servicios asociados (Luck *et al.* 2003, Martín-López *et al.* 2007). Las perturbaciones medioambientales que generan respuestas en la composición de especies pueden afectar la estructura de tamaños de un ecosistema, aunque no necesariamente (Gómez-Canchong 2011) y del mismo modo, perturbaciones que afectan la estructura de tamaños pueden no alterar la composición de especies de la comunidad.

2.2. INDICADORES BIOLÓGICOS

Los indicadores ecológicos son comúnmente utilizados para brindar información sobre el estado e integridad de los ecosistemas (Patricio *et al.* 2012). En los últimos años, se han tornado un componente vital para la evaluación de impactos y la determinación de la calidad ambiental. Los indicadores se eligen por ser fáciles de medir, sensibles a determinado tipo de impacto y por responder al estrés de forma inequívoca y previsible. Son también una importante herramienta para formular políticas ambientales y toma de decisiones, ya que brindan información sobre los ecosistemas (Dauvin *et al.* 2010). Independientemente de la terminología adoptada y de la complejidad de las técnicas aplicadas, los indicadores de la calidad ambiental pueden ser divididos en tres grandes categorías: (1) especies características o indicadoras, (2) índices univariados e (3) índices multimétricos (Dauvin *et al.* 2010).

- Especies características o indicadoras:

Brindan información sobre una condición ambiental determinada o estrés. Esos organismos pueden estar ausentes de los lugares impactados, ser indicadores de lugares impactados o exhibir alguna respuesta medible de un sistema sometido a determinado estrés, como cambios de comportamiento y/o fisiológicos.

- Índices univariados:

Comúnmente llamados índices bióticos, en general utilizan la abundancia y la riqueza de especies, a pesar de que algunos requieren de datos de biomasa. La formulación de estos índices puede también estar basada en datos estimativos de diversidad (riqueza de especies, abundancia, índices de Margalef, Pielou, Shannon), grupos ecológicos (AMBI, BENTIX) o grupos tróficos (ITI).

- Índices multimétricos:

Fueron desarrollados como herramientas integradoras para la evaluación de la condición ecológica de los sistemas bentónicos. Ellos incluyen descriptores de la comunidad basados en análisis multivariados (índices de componentes principales) así como la abundancia porcentual de diferentes grupos ecológicos y/o tróficos.

Frecuentemente la elección de un indicador se fundamenta solamente en la correlación entre su respuesta y la variable que debe indicar, sin embargo muchos indicadores e índices requieren de un conocimiento avanzado de la sistemática, ecología y de la historia de vida de los organismos. Ese conocimiento es necesario para la correcta identificación taxonómica y posterior designación de la especie conforme su respuesta al estrés (e.g. sensible, tolerante, oportunista) o grupo ecológico al cual pertenece.

2.3. BENTOS MARINO

El uso de invertebrados bentónicos como indicadores de la calidad y/o condición ambiental tiene varias ventajas: (1) como presentan escasa movilidad son más sensibles a perturbaciones físicas y químicas locales; (2) las asociaciones bentónicas incluyen diversas

especies que exhiben distintos grados de tolerancia al estrés; (3) responden a las perturbaciones aun considerando niveles taxonómicos supra específicos, como géneros, familias y hasta clases; (4) integran la historia reciente de disturbios, que puede no ser detectada en otros compartimientos biológicos, tales como las comunidades pelágicas (Patrício *et al.* 2012; Borja *et al.* 2000; Dauvin *et al.* 2010).

Existe y es utilizada en la literatura una gran variedad de términos para calificar a las especies bentónicas (e.g. especies sensibles, tolerantes, oportunistas, indiferentes, entre otros), y una revisión con la definición de esos términos fue recientemente realizada por Dauvin *et al.* (2010). Especies del bentos también son usualmente clasificadas en cinco grupos ecológicos, según su sensibilidad a un gradiente de enriquecimiento orgánico: I (especies muy sensibles), II (especies indiferentes), III (especies tolerantes), IV (especies oportunistas de segundo orden) y V (especies oportunistas de primer orden) (Borja *et al.* 2000).

La selección de los indicadores bentónicos frente a la creciente demanda impuesta por los reglamentos ambientales requiere pragmatismo. Algunas alternativas incluyen el uso del concepto de suficiencia taxonómica y proponen universalidad en la determinación de los niveles de sensibilidad/tolerancia de los organismos bentónicos a través del juicio de especialistas. Sin embargo, existen pocas discusiones sobre la necesidad de establecer relaciones de causalidad entre la respuesta del indicador y los cambios en las variables ambientales que presumidamente deben indicar (Dauvin *et al.* 2010).

En el caso del meiobentos o meiofauna que deriva del griego meios que significa “más pequeño”, es decir son organismos más pequeños que la macrofauna, pero más grandes que la microfauna y se encuentran en el bentos marino, habitando los espacios intersticiales del sedimento (Figura 1) han mostrado ser muy útiles como indicadores biológicos (Cruz 2002).

En el Ecuador, el primer trabajo realizado fue el de Cruz (1998) que determinó la existencia de 16 grupos de organismos meiobentónicos en el Golfo de Guayaquil, luego en un segundo trabajo publicado años más tarde determinó 19 grupos pertenecientes a 10 Phylum, en ambas investigaciones predominó el Phylum Nematoda (Cruz 1998; Cruz 2002). Bajo esta línea de investigación de identificación de taxa, sobretodo de nemátodos se fue avanzando los estudios en Ecuador, una de las últimas investigaciones en la zona intermareal (Yáñez 2015) encontró que el Phylum Nematoda representa el 81 % de la meiofauna.

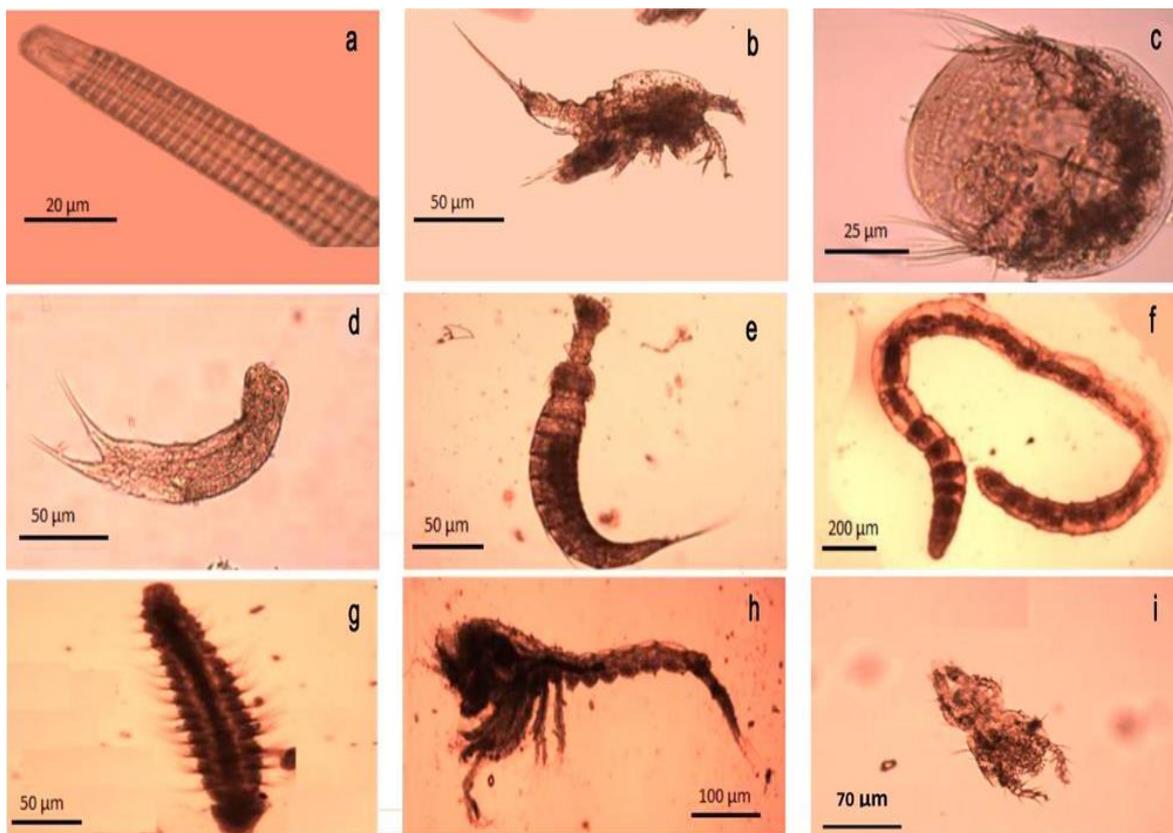


Figura 1. Fotografías microscópicas de algunas taxas de meiofauna: a) Nematoda, b) Copepoda, c) Nauplii, d) Gastrotricha, e) Kinorhyncha, f) Oligochaeta, g) Polychaeta, h) Cumacea, i) Acari.
FUENTE: Soto *et al.* (2015).

2.4. PLAYAS

Las aguas costeras sufren la influencia oceánica así como la influencia del continente, incluyendo las sustancias disueltas y en suspensión que contienen los ríos, canales, redes de saneamiento, aguas de escorrentía superficial y, a menudo, aguas subterráneas, alcanzando finalmente el mar a lo largo de las costas, por lo tanto las zonas de playas son perturbadas por eventos naturales y acciones humanas, aun así los ecosistemas costeros se los considera en general resilientes, entendiendo como resiliencia a la cantidad de disturbios que un sistema puede absorber y aun así permanecer dentro del mismo estado, logrando su equilibrio y autoorganización (Carpenter *et al.* 2001).

La vida marina en la zona intermareal está soportada por las capas subyacentes que determinan la resiliencia a la presión del suelo, sin embargo, las comunidades encontradas en estos hábitats pueden ser muy vulnerables, inclusive a bajos niveles de actividad,

particularmente las que viven en las capas más superficiales de la arena (Saunders *et al.* 2000). Según algunos autores la estructura de la comunidad bentónica es plástica (Peterson *et al.* 2000; Schoeman *et al.* 2000) y si los disturbios son puntuales y no son muy intensos, o el sistema presenta una alta resiliencia, se puede recuperar en los intervalos entre los eventos de disturbio. Además, la recuperación también puede ocurrir si el intervalo entre disturbios es largo (Keough y Quinn 1998).

Actualmente, se han desarrollado índices e instrumentos de evaluación que han permitido caracterizar la estructura y funcionamiento de ecosistemas. En este sentido, los modelos de ecosistema son instrumentos potencialmente importantes para mejorar la comprensión conceptual de los sistemas ecológicos

2.5. “EL NIÑO”

El Niño y la Oscilación del Sur (ENOS en español, ENSO en inglés) comprende los eventos “El Niño” y “La Niña”, cuya fase cálida corresponde a un evento climático natural que se desarrolla principalmente en el Pacífico tropical, que se caracteriza por un aumento anómalo de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) y el debilitamiento de los vientos alisios del lado este del océano Pacífico, ambas condiciones se realimentan mutuamente en lo que se conoce como acoplamiento océano – atmósfera, permitiendo la evolución de este evento por varios meses (CIIFEN 2017).

El evento El Niño se desarrolla de forma cuasiperiódica presentándose a intervalos irregulares que oscilan entre los 3 y 7 años, sin conocerse aún que es lo que genera este evento, pero se identifican condiciones atmosféricas y oceánicas que preceden la aparición del mismo. El ENOS consiste de una fase cálida (El Niño) y una fase fría (La Niña), la fase de El Niño se caracteriza por la aparición de fuertes anomalías positivas de TSM que se relacionan con la reducción del afloramiento costero y el hundimiento de la termoclina teniendo una duración de entre 8 y 15 meses, mientras que la fase La Niña por el contrario presenta anomalías negativas que se asocian al fortalecimiento del afloramiento y elevación de la termoclina (Maturana *et al.* 2004).

El ciclo ENOS puede afectar las condiciones meteorológicas en diversas localidades del mundo con consecuencias socioeconómicas desastrosas debido a las sequías y

precipitaciones intensas que produce, por ejemplo el evento de 1982-1983 causó 2.000 víctimas y sus daños se estimaron en alrededor de 10 mil millones de dólares americanos. En la costa de Ecuador, el agua caída fue 30 veces superior a lo normal (Guayaquil, junio de 1983), mientras que en el norte de Perú llegó a ser 340 veces superior a lo normal (Paita, mayo de 1983). Como consecuencia de esto, se produjeron importantes modificaciones en el paisaje, el aumento en el caudal de los ríos y la inundación de vastas regiones, con las consiguientes pérdidas de vidas humanas y materiales (Maturana *et al.* 2004; Voituriez & Jacques 2000).

En el primer semestre del 2014 aparecieron los primeros indicios de la formación del evento El Niño 2015-16, cuando en el océano Pacífico tropical la TSM empezó a revelar valores por encima de lo normal (anomalía positiva). La persistencia del calentamiento del océano Pacífico ecuatorial y la magnitud de las anomalías positivas de temperatura que se alcanzaron en el año de 2014, motivó a los sistemas globales y regionales de vigilancia climática a alertar sobre la posible ocurrencia de un evento El Niño. En diciembre del 2014 y enero del 2015 se observó un proceso de descenso del calentamiento de la superficie del océano, lo que frenó temporalmente la consolidación de la fase cálida del ENOS, pero esta pausa sólo duró hasta febrero (Figura 2), cuando volvió a incrementarse la TSM, para diciembre del 2015 y enero 2016 alcanzó su máxima intensidad (Figura 3) , lo cual generó sequías debido al déficit de precipitaciones en Centroamérica, el Caribe, Colombia y parte de Venezuela (mayo 2015 – julio 2016) mientras que por otro lado produjo exceso de precipitaciones en el noreste de Argentina, sur de Brasil, Uruguay y Paraguay (noviembre – diciembre 2015) extendiéndose por más tiempo en Ecuador y norte del Perú (noviembre 2015 – mayo 2016). A partir de marzo de 2016, se inició la fase de declinación de El Niño (CIIFEN 2017).

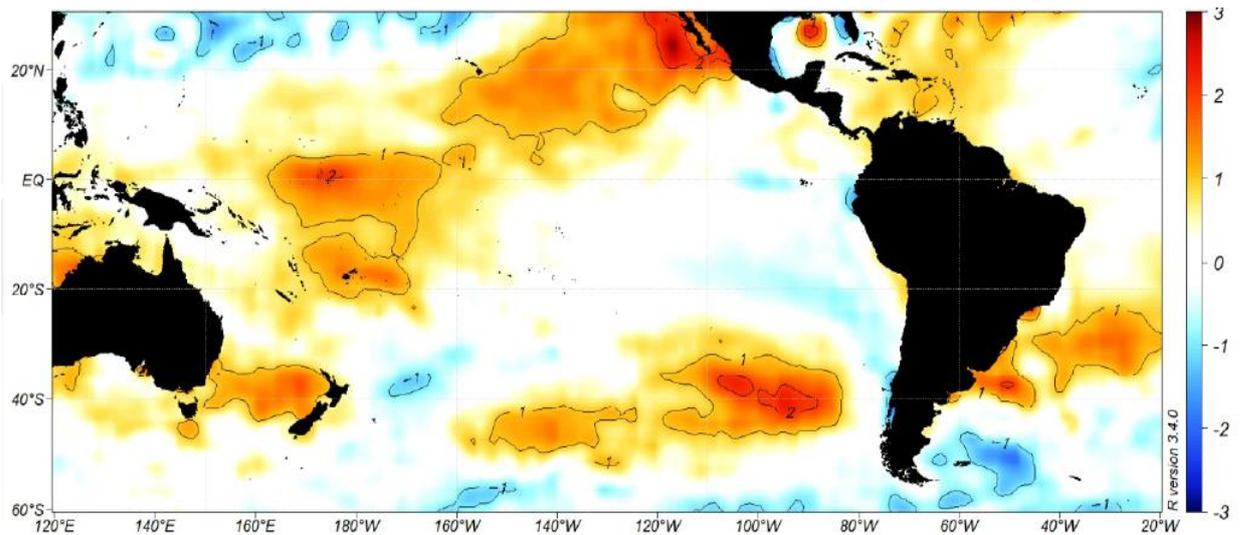


Figura 2. Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar para febrero 2015
 FUENTE: CIIFEN (2017) (modificada de NOAA)

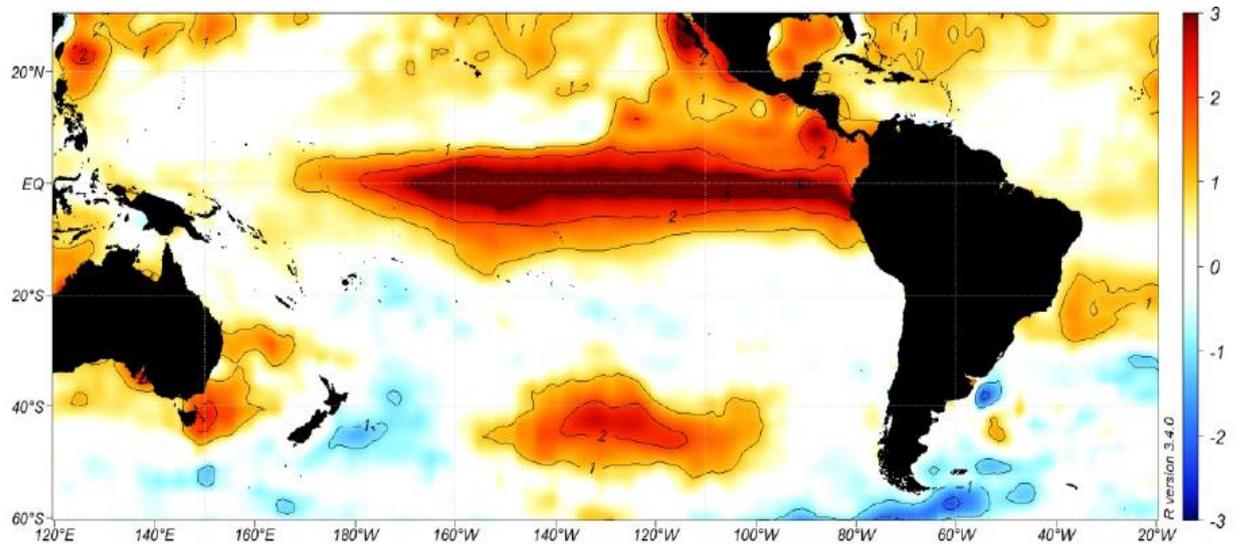


Figura 3. Anomalía de la Temperatura Superficial del Mar para diciembre 2015
 FUENTE: CIIFEN (2017) (modificada de NOAA)

Los impactos producidos por el EN 2015-16 van desde desbordamientos de ríos, inundaciones, desplazamientos de tierra, hasta sequías intensas que devastaron los cultivos; todas estas afectaciones influyeron de manera negativa en la economía de los países mencionados anteriormente, razones por la cual la Organización Meteorológica Mundial (OMM) declaró el evento El Niño 2015-16 como uno de los tres más fuertes registrados desde 1950, junto con los de 1982-83 y 1997-98 (OMM 2016).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁREAS DE ESTUDIO

Las tres playas donde se tomaron las muestras de bentos marino pertenecen al cantón (distrito) San Vicente, provincia de Manabí, Ecuador. El cual limita al norte con el cantón Jama, al sur con el cantón Sucre, al este con el cantón Chone y al oeste con el Océano Pacífico. Cuenta con aproximadamente 33 kilómetros de playas de arena, 18 km desde la playa de Los Perales, Punta Napo, Briceño, Canoa, y 15 km desde Cabo Pasado, Punta Chinita y Cabuyal (Figura 4).



Figura 4. Ubicación de playas arenosas: Punta Napo, Briceño y Canoa
FUENTE: Elaboración propia

La pesca artesanal ha sido ancestralmente una actividad desarrollada por los habitantes de San Vicente, los recursos en especies marinas son muy variados, es así que el cultivo de camarón ha ocupado un sitio destacado en la generación de recursos para esta zona y para el país a través de la exportación. En la actualidad se ha reducido en aproximadamente 60% la superficie cultivada, causada por la aparición de la “mancha blanca”; sin embargo, se sigue produciendo camarón para el requerimiento local y nacional. Además, aún existen aproximadamente nueve laboratorios de producción de larvas de camarón.

El recorrido por los 33 km de playa aproximadamente que el cantón San Vicente posee, permite apreciar la extracción de ostiones en Punta Napo y la presencia de una cueva en las rocas, pesca artesanal como una actividad tradicional de sustento para sus pescadores; en Briceño, donde además de la pesca esta la presencia del surf y los servicios que ofrecen sus habitantes a los turistas. Canoa, tiene una extensión de casi 2 km y gran infraestructura hotelera.

El muestreo se realizó en las playas: Canoa, Briceño y Punta Napo, considerando los tres sitios con alta, media y baja influencia antropogénica respectivamente desde la perspectiva poblacional y urbanística (Tabla 1).

Tabla 1. Localización geográfica de las playas seleccionadas de San Vicente

Playas de San Vicente	Latitud (S)	Longitud (W)
Canoa	0°46'46,3"	80°45'83,6"
Briceño	0°51'75,3"	80°44'31,4"
Punta Napo	0°56'86,9"	80°43'62,1"

FUENTE: Elaboración propia

3.2. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Este estudio se realizó con muestras obtenidas durante el periodo octubre 2015 hasta septiembre 2016, tiempo en el cual tuvo lugar el Evento “El Niño” 2015 - 2016. Durante el trabajo de recolecta de muestras (específicamente en el mes de abril) se produjo un evento sísmico (terremoto de 7,8° Richter) el cual alteró tanto las áreas terrestres aledañas de las playas muestreadas como el área misma donde se estuvieron realizando colectas de sedimento superficial.

El monitoreo se realizó cada 15 días en bajamar, el perfil de la playa se midió por la diferencia en la elevación desde la línea máxima de la pleamar hasta la mínima de la bajamar. Para cada una de las playas se realizaron tres transectos perpendiculares a la costa en cuatro lances paralelos, separados por 100 metros entre sí, es decir 12 puntos muestreados (Figura 5), de los que se tomó una muestra en cada uno, a una profundidad de 10 centímetros con el uso de un “corer” con diámetro de dos pulgadas. La densidad total se expresó como el número de individuos por cada 10 cm² (ind/10cm²).

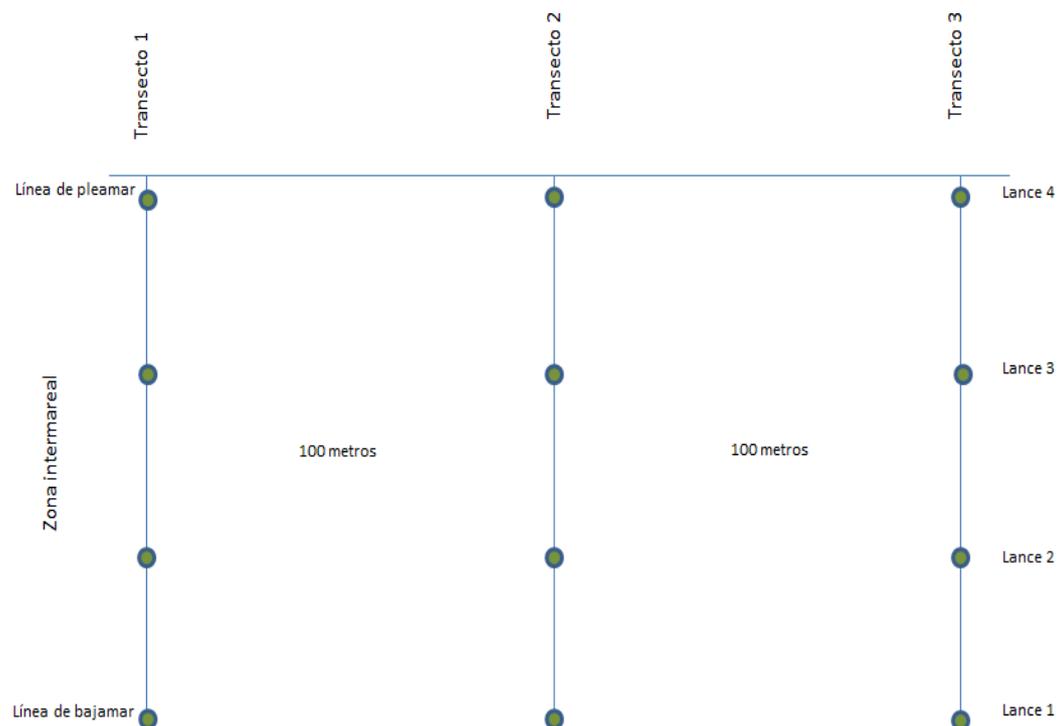


Figura 5. Esquema de transectos para la toma de muestras
FUENTE: Elaboración propia

En cada muestreo se tomaron con un multiparámetro dentro del agua los datos de temperatura superficial del agua, salinidad, oxígeno disuelto y pH.

Para analizar materia orgánica, granulometría e identificar organismos, se recolectaron muestras de sedimento con el uso del corer de dos pulgadas, las cuales se conservaron en formol al 4% en fundas ziploc tamponada con agua de mar previamente filtrada etiquetadas y codificadas con la información del muestreo.

3.3. ANÁLISIS DE LABORATORIO

Se llevó a cabo varios pasos con sus respectivas metodologías en el laboratorio tanto para las muestras de sedimentos para determinar materia orgánica y granulometría, como para los organismos del meiobentos, los procesos se explican a continuación:

3.3.1. Contenido de materia orgánica (MO)

En cada punto de muestreo se colectó una muestra de sedimento para establecer el contenido de materia orgánica, el cual fue determinado gravimétricamente mediante la técnica de pérdida de peso por calcinación (Byers *et al.* 1978). De una muestra original de sedimento correspondiente a los 10 primeros centímetros de profundidad, que fue previamente homogenizada, se tomaron aproximadamente 5 g y se dejó secar en una estufa MEMMBERT modelo UNB400, a 60°C por 24 h, luego se registró el peso de la muestra. Una vez seco el sedimento se dejó calcinar en la Mufla THERMO SCIENTIFIC THERMOLYNE modelo F6010 a 600°C por 6 h, finalmente se pesaron las muestras y los resultados se expresaron en porcentaje (%) de materia orgánica.

3.3.2. Análisis granulométrico del sedimento

El análisis granulométrico se realizó en el marco de la norma AASHTO, empleando el método de tamizado del sedimento con el uso de tamices geológicos: N°10 equivalente a un ojo malla 2 mm, N°40 equivalente a 0,425 mm y el N°200 equivale a 0,075 mm. Para la categorización fue según la escala de clasificación de Udden-Wentworth (Wentworth 1922).

3.3.3. Análisis de la meiofauna

3.3.3.1. Decantación y lavado

Las muestras se lavaron con agua dulce para quitar el formol, pasadas por tamiz de 1mm. a frascos de 200 ml. evitando la pérdida de organismos. Cada frasco fue rotulado y codificado de acuerdo a la información de donde provenían.

3.3.3.2. Separación por medio denso

Se realizó una solución acuosa con sacarosa (medio denso) la que sirvió para separar los organismos de la arena. Se colocó la solución en los frascos con las muestras en una proporción de 50/50, se agitaron los frascos por 10 min, se dejó reposar y se pasó por el tamiz el sobrenadante evitando que pase sedimento, los organismos contenidos en el tamiz se colocaron en frascos de 25 ml y la solución acuosa se colocó en los frascos de 200 ml con arena para repetir el proceso dos veces más. Los frascos de 25 ml. fueron preservados con formol al 4% y Eosina hasta que fueron analizadas.

3.3.3.3. Identificación del meiobentos

Las muestras fueron lavadas con agua destilada para eliminar el formol antes de ser identificadas, con ayuda de un tamiz de 36 micras y una pisceta evitando la pérdida de organismos.

La caja de conteo se observó en estereomicroscopio, identificando los organismos correspondientes a cada grupo taxonómico, en una hoja se registraron los datos de los que proviene la muestra y el número de organismos de cada grupo.

3.4. ANÁLISIS DE DATOS

3.4.1. Parámetros biológicos

Densidad: La densidad se calculó mediante la cuantificación del número de individuos por cada 10 cm² (ind/cm²).

Diversidad: En este estudio se analizó la diversidad de la meiofauna total mediante los índices de diversidad de Shannon.

3.4.2. Correlaciones

Se realizó correlaciones entre la densidad de organismos y cada una de las variables ambientales: temperatura, pH, salinidad y oxígeno disuelto, mediante el uso del software STATISTICA (SPSS).

3.4.3. Indicador de Resiliencia

Se realizó comparaciones entre la composición de meiobentos en los meses muestreados antes, durante y después del evento El Niño 2015-16, mediante el uso del software PAST, se analizó los datos de densidad de cada uno de los grupos de la meiofauna junto con los datos promedios de las variables ambientales, para lo cual se utilizó los siguientes análisis:

- Análisis Cluster entre las fechas muestreadas.
- Análisis de Principales Componentes (PCA) entre las fechas muestreadas.
- One – Way NPMANOVA para observar diferencias significativas entre los grupos de fechas de las ordenaciones multivariadas.
- Indicador de resiliencia, es calculado mediante la siguiente ecuación (Figura 6):

$$IMR = (I - D) * (1 - Tr / (T * Ti))$$

Donde:

IMR: Indicador multivariado de resiliencia

I: Impacto = (Distancia multivariada Preimpacto – Impacto) / M

D: Distancia al origen = (Distancia multivariada Preimpacto – Postimpacto) / M

M: Máxima distancia entre períodos = $\sqrt{a^2 - b^2}$

Ti: Tiempo del preimpacto al impacto (meses)

Tr: Tiempo del impacto al postimpacto (meses)

T: Tiempo máximo de recuperacion = Ti + Tr

El IMR toma valores de 0 (cuando el sistema se aleja a una distancia igual o mayor al impacto, incluyendo valores negativos) a 1 (cuando el sistema retorna a su estado original inmediatamente), por lo que el indicador de resiliencia se clasifica según los siguientes puntos de referencia: bajo (0-0.33), medio (0.33-0.66) y alto (0.66-1).

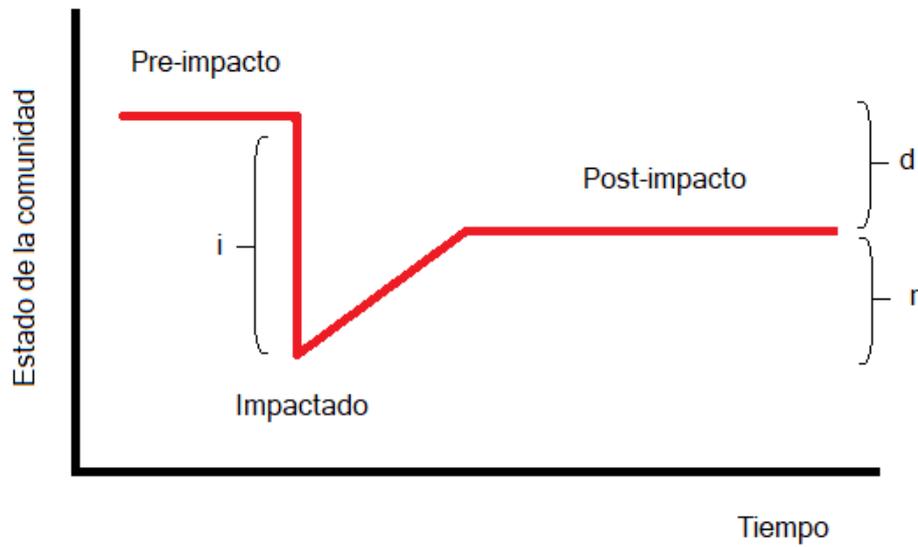


Figura 6. Esquema de los elementos del Indicador Multivariado de Resiliencia.
FUENTE: Elaboración propia

3.4.4. Prueba de hipótesis

Para probar la hipótesis se realizó una prueba U de Mann-Whitney de estimación de comparación del promedio del indicador multivariado de resiliencia (IMR) de las tres playas estudiadas, con un punto de referencia, y además se elaboró un histograma del promedio del IMR respecto a los puntos de referencia.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. VARIABLES AMBIENTALES DEL AGUA DE MAR

4.1.1. Temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH

Los parámetros ambientales registrados y analizados en el cuerpo de agua se detallan en la Tabla 3, indicando los promedios y error estándar de la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH de cada zona de muestreo.

Tabla 2. Promedio total de los parámetros ambientales registrados en las localidades estudiadas

Estación	Temperatura °C	Salinidad UPS	Oxígeno disuelto mg/L	pH
Canoa	27,49 ± 0,45	33,51 ± 0,67	6,52 ± 0,10	7,76 ± 0,20
Briceño	27,58 ± 0,62	31,43 ± 2,26	6,53 ± 0,09	7,60 ± 0,16
Punta Napo	27,67 ± 0,55	33,73 ± 0,20	6,58 ± 0,05	7,68 ± 0,13

FUENTE: Elaboración propia

La temperatura para Canoa tuvo un valor promedio de 27,49 ± 0,45 °C, una mínima de 26,4°C y una máxima de 29 °C, Briceño con una media de 27,58 ± 0,62, mínima de 26,3 °C y una máxima de 30 °C y Punta Napo con valor promedio de 27,67 ± 0,55 °C, una mínima de 26,1°C y una máxima de 29,2 °C. Para las 3 localidades de muestreo el mes con máxima temperatura es marzo y con mínima en septiembre como se puede observar en la Figura 7a.

La salinidad para todas las zonas de muestreos presentó los valores promedios entre 33 y 34 UPS y los registros más bajos fue en los meses de lluvias, especialmente febrero y marzo, cuando alcanzó un valor mínimo de 23,5 UPS la playa de Briceño, con un promedio de salinidad de 31,43 ± 2,26, esta fue la playa que presentó mayor variación en sus valores mes a mes respecto a la salinidad (ver Figura 7b). Los valores promedio de salinidad para Canoa fueron 33,51 ± 0,67, con un valor mínimo de 30 UPS en marzo y Punta Napo con valores más estables de salinidad (mínimo 33,0 máximo 34,0 UPS y una media 33,73 ± 0,20).

La concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar para Canoa presentó un promedio de $6,52 \pm 0,10$ (mínimo 6,14 y máxima 6,88), Briceño $6,53 \pm 0,09$ (mínimo 6,27 y máxima 6,79) y Punta Napo $6,58 \pm 0,05$ (mínimo 6,42 y máxima 6,68). Durante la época de lluvia, los valores de concentración de oxígeno disuelto se mantuvieron bajos y se extendieron hasta el mes de agosto, cuando las tres playas obtuvieron el valor mínimo (Figura 7c).

Los valores de pH estuvieron entre 7 y 8 para las tres playas, el valor mínimo para Canoa fue 7,34 y la máxima 8,33 con un valor promedio de $7,76 \pm 0,20$, Briceño mínima 7,19 y máxima 8,0 con una media de $7,60 \pm 0,16$ y Punta Napo con una mínima 7,27, máxima 8,02 y valor promedio de $7,68 \pm 0,13$ (Figura 7d).

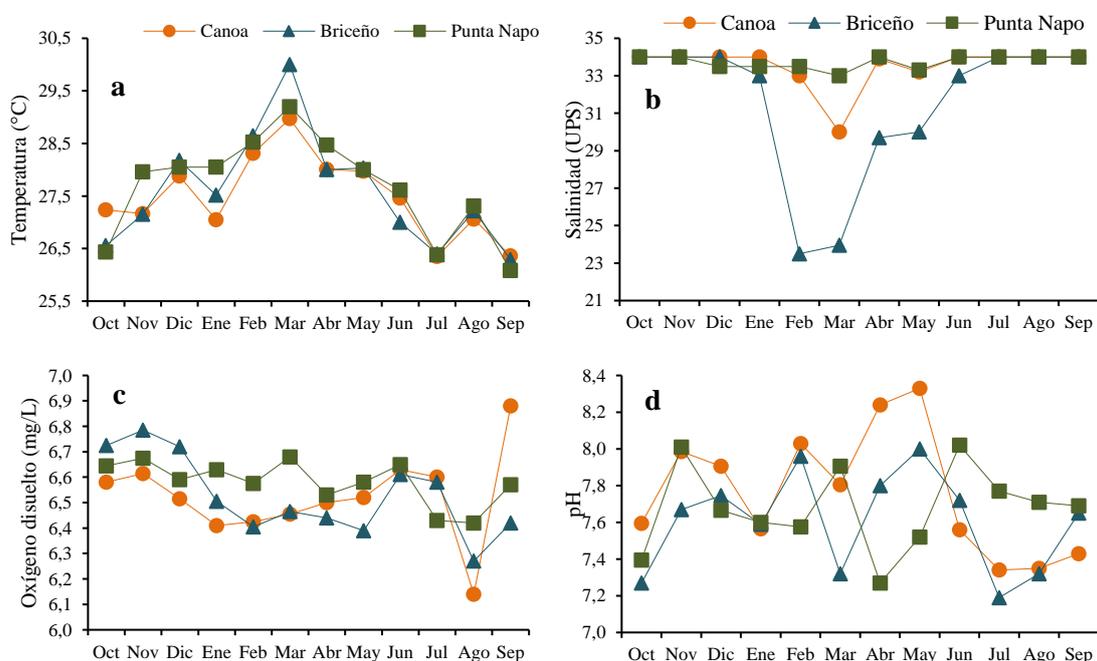


Figura 7. Variación mensual de parámetros ambientales en las playas de Canoa, Briceño y Punta Napo. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Oxígeno disuelto, d) pH

FUENTE: Elaboración propia

4.2. CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA

4.2.1. Contenido de Materia Orgánica (MO)

Los porcentajes promedios mensuales de materia orgánica en los sedimentos en cada zona presentaron valores que fluctuaron entre 2,97 % y 0,71 %, el valor máximo corresponde a

Briceño y el valor mínimo pertenece a Punta Napo, sin embargo esta playa presentó los mayores porcentajes respecto a las otras localidades.

Las playas de Canoa y Punta Napo presentaron en su fluctuación porcentual comportamientos similares, ambas zonas presentaron aumento en sus valores durante los meses de lluvias (en febrero Canoa alcanzó su máxima de 1,95 %), mientras que los datos de Briceño muestran un comportamiento contrario al de las otras 2 playas, ya que en los meses de lluvia los porcentajes de materia orgánica fueron los más bajos durante todo el tiempo de muestreo, en enero con 0,92 % y febrero con 0,88 % (Figura 8).

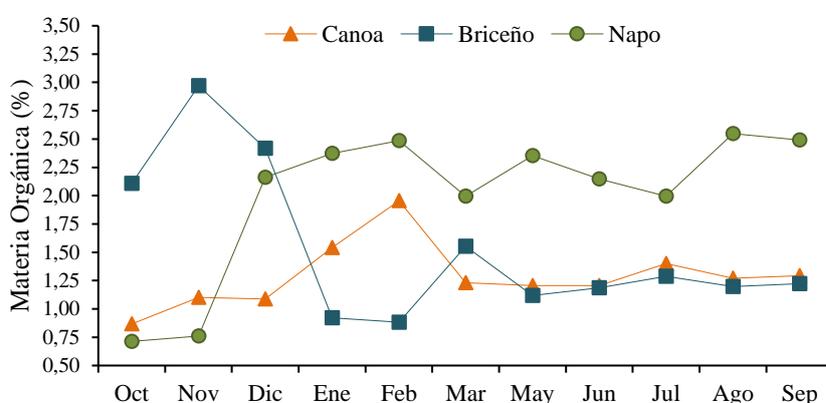


Figura 8. Fluctuación porcentual de materia orgánica del sedimento durante el tiempo de muestreo
FUENTE: Elaboración propia

4.2.2. Caracterización granulométrica

A través de un análisis proporcional del total de la muestra de sedimento extraído en cada playa, se obtuvo la fracción porcentual de cada tamaño de las partículas durante los meses de muestreo, lo que permitió clasificar las diferentes fracciones o clases predominantes del sedimento, según la escala de Wentworth (1922) para los diferentes tamaños de granos se categorizaron en este estudio 4 clases de arena: gruesa, media, fina y muy fina (Figura 9).

El análisis granulométrico mostró una notable tendencia para las tres playas, siendo el de mayor proporción la arena fina, seguida por la arena media, y en porcentajes menor al 2% la arena muy fina y la arena gruesa. La arena fina tuvo un promedio mensual del 80% para Canoa, 91,07% Briceño y 94,56% para Punta Napo, este último sitio de muestreo presentó su porcentaje máximo de arena fina en el mes de marzo con 96,68%. El aumento de arena media afectó directamente la proporción de arena fina, siendo más notable en la playa de

Canoa, como se puede observar en la Figura 9, el porcentaje de sedimento de arena media aumentó progresivamente de 3,36% en noviembre hasta llegar a un valor del 34,45% en julio, y el de arena fina disminuyó del 94,64% a 61,43% (en los mismos meses respectivamente), coincidiendo estas variaciones con la temporada de lluvia. Punta Napo no presentó variaciones significativas en su composición granulométrica.

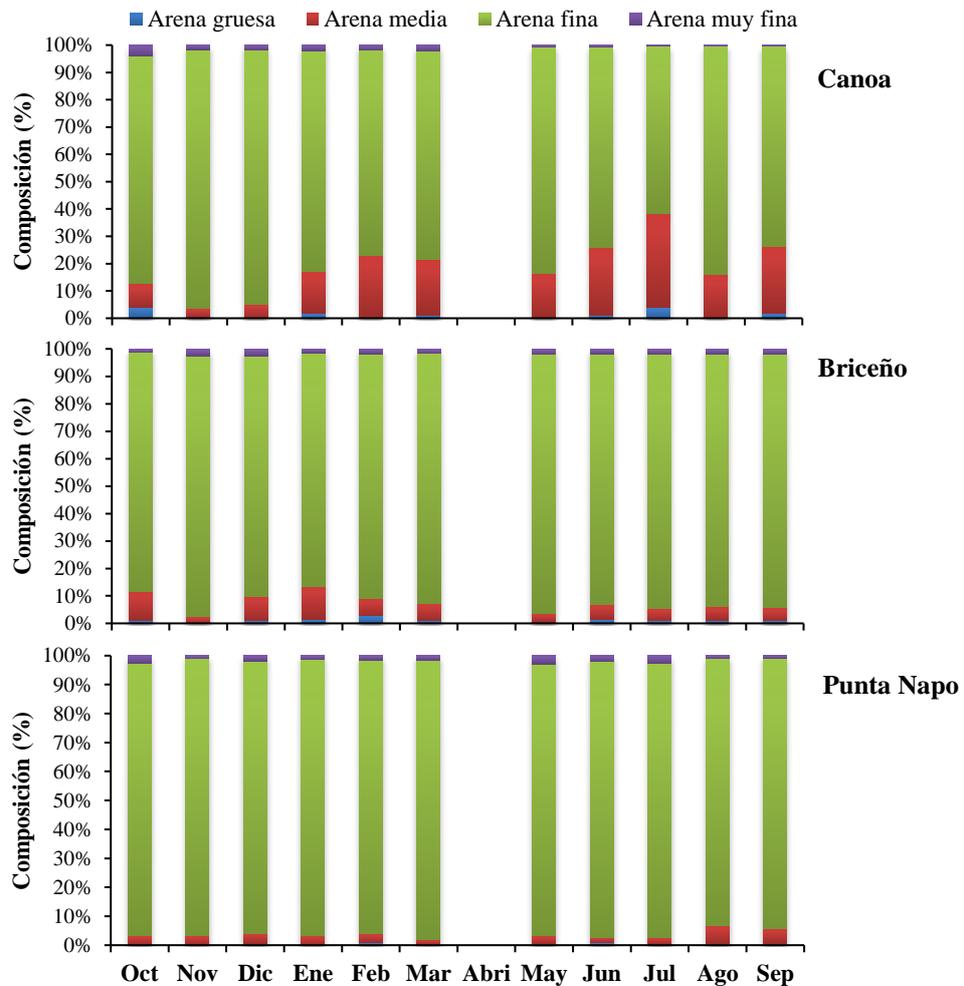


Figura 9. Granulometría promedio del sedimento de las playas (Canoa, Briceño y Punta Napo), proporciones arena gruesa: 2 mm; arena media:0,425; arena fina: 0,075; arena muy fina: <0,075)

FUENTE: Elaboración propia

4.3. ESTRUCTURA COMUNITARIA

4.3.1. Grupos taxonómicos

En el área muestreada se registraron un total de 59.714 individuos pertenecientes a 7 grupos taxonómicos: Nematodos, Platelminfos, Copépodos, Oligoquetos, Poliquetos, Foraminíferos y Halacaridos (Figura 10). Siendo los nematodos el grupo más representativo en todos los

sitios de muestreo. En Canoa conforman el 80 %, Briceño el 90 % y Punta Napo el 83 % de la abundancia total, seguido de platelmintos 8 % para Canoa, 6 % Briceño y 7 % para Punta Napo, copépodos el 6 % para Canoa, 2 % en Briceño y 5 % en Punta Napo, los demás grupos fueron poco significativos para todas las estaciones con menos del 3 % de representatividad.

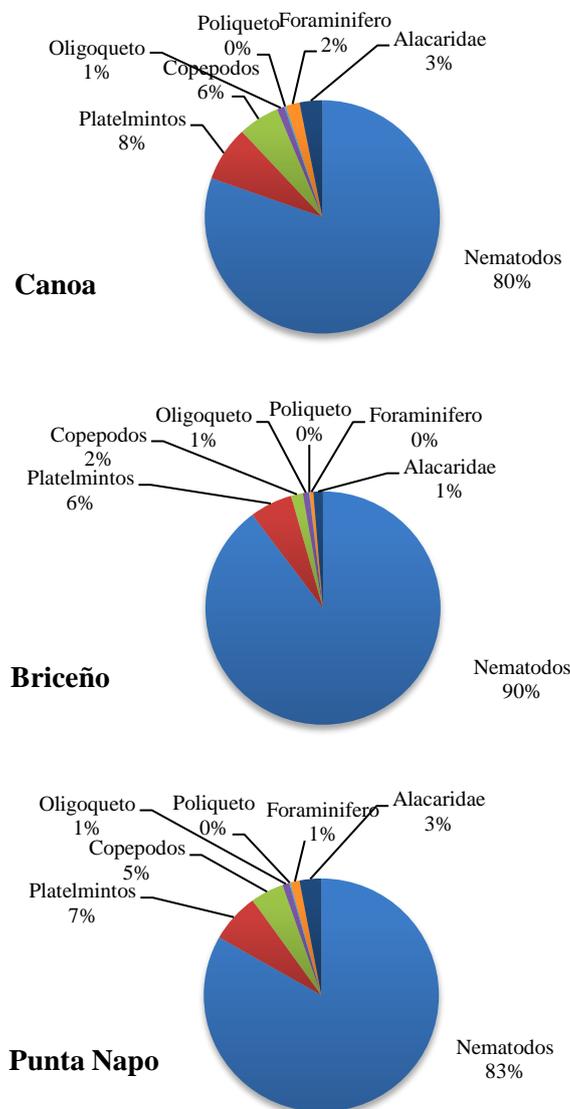


Figura 10. Composición porcentual de grupos taxonómicos de organismos meiobentonicos analizados en 3 playas arenosas
FUENTE: Elaboración propia

4.3.2. Índices ecológicos

Los valores de abundancia de los organismos meiobentónicos fueron promediados de las réplicas y de los diferentes estratos (supramareal, mesomareal e inframareal) como un solo valor para expresar la abundancia promedio de cada playa como individuos por cada 10 cm² y por lo tanto, los índices ecológicos fueron calculados a partir de estos valores. Se analizó la riqueza, diversidad y dominancia para las tres playas.

En Canoa se registró la menor abundancia promedio que corresponde a 1344 ind/10cm² pertenecientes a 5 grupos taxonómicos, en Briceño se registró la mayor abundancia promedio con 1917 ind/10cm² representados en 5 grupos y en Punta Napo se registraron 1873 ind/10cm² que pertenecen a 6 de los 7 grupos identificados en todas las playas, teniendo esta última la mayor riqueza en número de grupos taxonómicos, como se puede observar en la Figura 11.

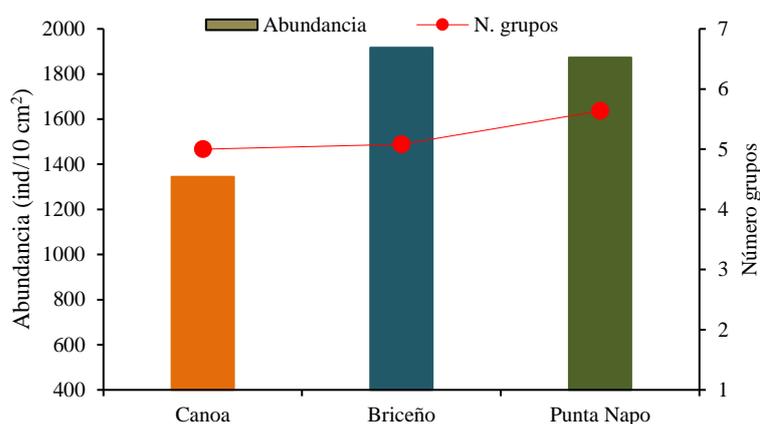


Figura 11. Abundancia y riqueza de organismos meiobentonicos de 3 playas arenosas
FUENTE: Elaboración propia

Los índices ecológicos analizados fueron mayores para la playa de Canoa, Shannon 0,60, Margalef 0,64 y Equidad 0,39, siendo esta zona de muestreo la que presenta menor abundancia, pero mayor diversidad y equidad. Los índices más bajos los tuvo Punta Napo, Shannon 0,29, Margalef 0,62 y Equidad 0,17, mientras que la playa de Briceño presentó valores intermedios Shannon 0,40, Margalef 0,61 y Equidad 0,26 (Figura 12).

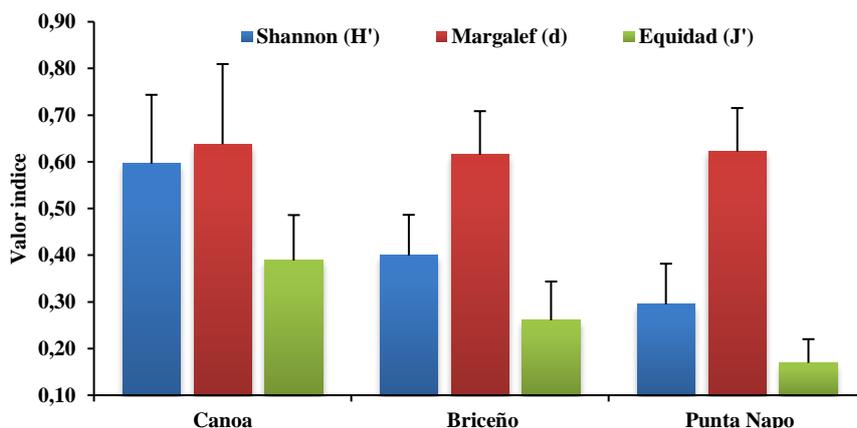


Figura 12. Índices ecológicos de organismos meiobentonicos de 3 playas arenosas
FUENTE: Elaboración propia

4.3.3. Distribución espacio temporal de la abundancia y riqueza

En la escala de tiempo de un año se puede observar que en Canoa y Briceño el número de especies fue disminuyendo paulatinamente a partir del segundo trimestre (enero-marzo) mientras que la riqueza aumentaba, el mes de julio muestra la particularidad de ser el mes con la menor abundancia y menor riqueza para ambas playas. Punta Napo muestra un comportamiento contrario a las otras playas, el segundo trimestre presentó mayor cantidad de individuos que el resto de meses (Figura 13).

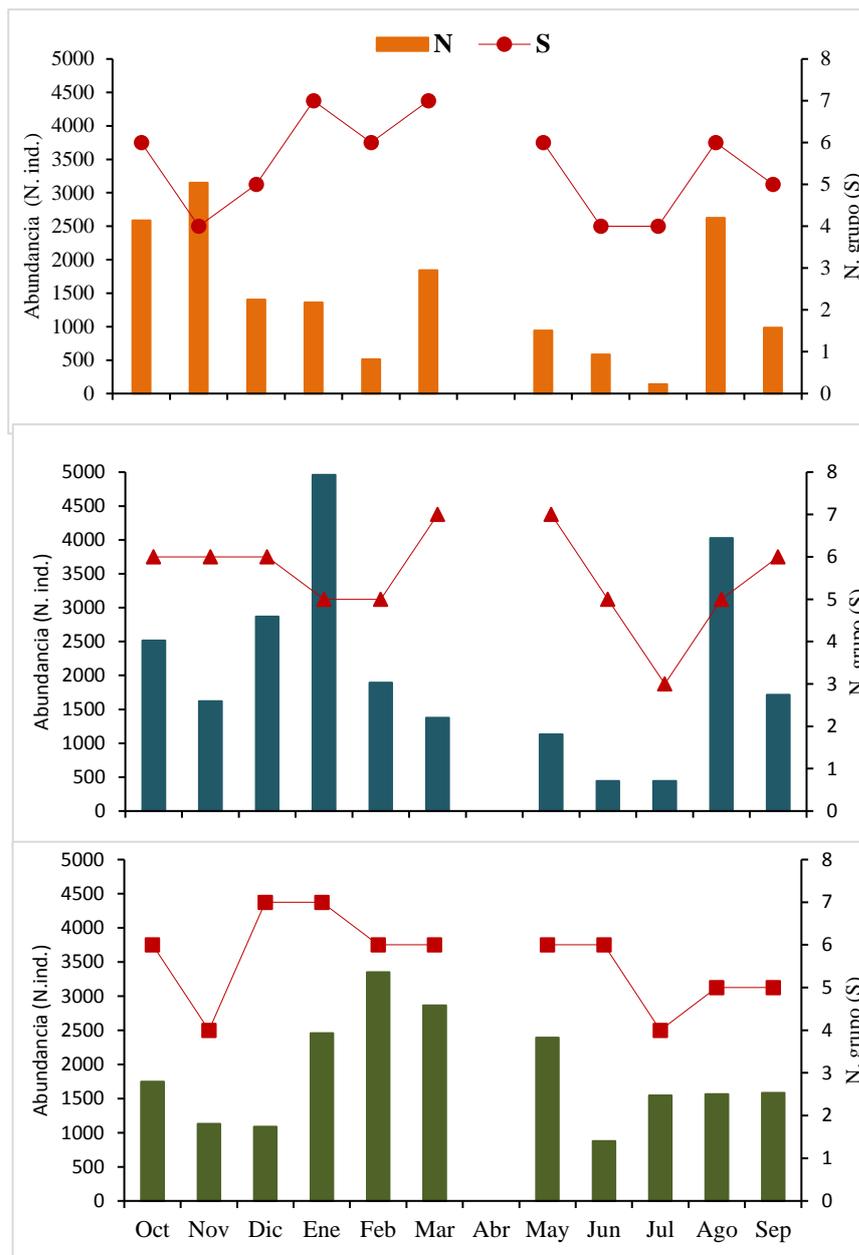


Figura 13. Análisis de la dinámica temporal de la abundancia y riqueza del meiobentos en el intermareal de las playas de San Vicente durante octubre 2015 a septiembre 2016 (16 abril terremoto)
FUENTE: Elaboración propia

4.4. CORRELACIONES VARIABLES AMBIENTALES Y BIOLÓGICAS

El análisis de correlaciones se lo realizó mediante el programa estadístico SPSS Statistics, en el cual se ingresaron los datos de los valores promedios de cada mes para la temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto en agua, así como también de granulometría de la arena y materia orgánica en el sedimento (variables ambientales); y los valores promedios de individuos encontrados en los grupos taxonómicos de nematodos, platelmintos, copépodos, oligoquetos, poliquetos, foraminíferos y halacáridos (variables biológicas).

En las tres playas analizadas se observa que hay una fuerte relación entre dos variables ambientales que son la temperatura y la salinidad, mediante la correlación de Pearson la significancia fue de 0,005 para Canoa, de 0,001 para Briceño y de 0,003 para Punta Napo, con valores negativos como se puede observar en la Tabla 3, 4 y 5.

El oxígeno disuelto en el agua, representado en las tablas como “O₂” no presenta ninguna correlación con variables biológicas para las playas de Briceño y Punta Napo, a diferencia de Canoa donde se evidencia correlación negativa con significancia 0,031 para los copépodos, 0,048 para poliquetos y 0,012 con respecto a los alacáridos (Tabla 3)

Tanto el pH como la materia orgánica, representada en las tablas con las iniciales “MO”, no evidencian tener correlaciones significativas con ninguna variable biológica en las tres playas analizadas.

La variable ambiental denominada “Arena” en las tablas anteriormente mencionadas, hace referencia al tamaño del grano de arena o granulometría, la cual se observa está correlacionado con la variable biológica Nematodos, con una significancia de 0,005 y 0,040 para las playas de Canoa y Briceño respectivamente (Tabla 1 y 2); no muestra correlación el análisis granulométrico con los nematodos para Punta Napo (Tabla 3).

Tabla 3. Correlaciones de variables ambientales y ecológicas para Canoa

Correlaciones Canoa														
Variables	T°	UPS	O2	pH	ARENA	MO	NEMAT	PLATEL	COPEPO	OLIGOQ	POLIQ	FORAM	ALACAR	
T°	Pearson	1	-,772**	-,343	,666*	,386	,124	,084	-,167	-,172	,123	-,012	,127	-,073
	Sig. Bilateral		,005	,302	,025	,240	,716	,805	,625	,613	,718	,971	,709	,831
UPS	Pearson	-,772**	1	,167	-,301	-,072	-,110	-,113	,138	,186	,040	,105	,129	,018
	Sig. Bilateral		,005	,623	,368	,834	,747	,740	,686	,583	,906	,759	,706	,958
O2	Pearson	-,343	,167	1	-,015	-,243	-,236	-,098	,079	-,649*	-,246	-,606*	,013	-,725*
	Sig. Bilateral		,302	,623	,965	,472	,484	,775	,818	,031	,466	,048	,970	,012
pH	Pearson	,666*	-,301	-,015	1	,506	,059	,150	-,141	-,414	-,042	,126	,042	-,375
	Sig. Bilateral		,025	,368	,965	,112	,863	,661	,679	,205	,902	,711	,903	,256
ARENA	Pearson	,386	-,072	-,243	,506	1	-,454	,780**	,307	,143	,289	,153	,141	,124
	Sig. Bilateral		,240	,834	,472	,112	,161	,005	,359	,676	,389	,654	,679	,716
MO	Pearson	,124	-,110	-,236	,059	-,454	1	-,576	-,244	-,196	-,322	,028	-,063	-,030
	Sig. Bilateral		,716	,747	,484	,863	,161	,064	,470	,564	,335	,935	,855	,931
NEMAT	Pearson	,084	-,113	-,098	,150	,780**	-,576	1	,560	,307	,302	,045	-,260	,226
	Sig. Bilateral		,805	,740	,775	,661	,005	,064	,073	,358	,368	,895	,439	,504
PLATEL	Pearson	-,167	,138	,079	-,141	,307	-,244	,560	1	,106	,673*	-,150	,087	-,163
	Sig. Bilateral		,625	,686	,818	,679	,359	,470	,073	,756	,023	,659	,799	,632
COPEPO	Pearson	-,172	,186	-,649*	-,414	,143	-,196	,307	,106	1	,383	,528	-,343	,910**
	Sig. Bilateral		,613	,583	,031	,205	,676	,564	,358	,756	,246	,095	,301	,000
OLIGOQ	Pearson	,123	,040	-,246	-,042	,289	-,322	,302	,673*	,383	1	,041	,090	,047
	Sig. Bilateral		,718	,906	,466	,902	,389	,335	,368	,023	,246	,905	,792	,891
POLIQ	Pearson	-,012	,105	-,606*	,126	,153	,028	,045	-,150	,528	,041	1	,019	,603*
	Sig. Bilateral		,971	,759	,048	,711	,654	,935	,895	,659	,095	,905	,957	,049
FORAM	Pearson	,127	,129	,013	,042	,141	-,063	-,260	,087	-,343	,090	,019	1	-,308
	Sig. Bilateral		,709	,706	,970	,903	,679	,855	,439	,799	,301	,792	,957	,356
ALACAR	Pearson	-,073	,018	-,725*	-,375	,124	-,030	,226	-,163	,910**	,047	,603*	-,308	1
	Sig. Bilateral		,831	,958	,012	,256	,716	,931	,504	,632	,000	,891	,049	,356

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 4. Correlaciones de variables ambientales y ecológicas para Briceño

Correlaciones Briceño														
Variables		T°	UPS	O2	pH	ARENA	MO	NEMAT	PLATEL	COPEPO	OLIGOQ	POLIQ	FORAM	ALACAR
T°	Pearson	1	-,835**	-,223	,237	-,130	-,063	-,050	,008	,765**	,529	,388	,582	,133
	Sig. Bilateral		,001	,510	,482	,704	,854	,884	,980	,006	,095	,238	,060	,698
UPS	Pearson	-,835**	1	,379	-,272	,035	,340	,262	,301	-,624*	-,395	-,635*	-,400	,005
	Sig. Bilateral		,001	,250	,418	,918	,306	,437	,368	,040	,230	,036	,223	,988
O2	Pearson	-,223	,379	1	-,097	-,154	,800**	-,181	,427	-,147	-,173	-,445	,131	-,566
	Sig. Bilateral		,510	,250	,777	,650	,003	,595	,191	,666	,611	,170	,701	,070
pH	Pearson	,237	-,272	-,097	1	,096	-,118	-,061	-,189	-,306	-,285	,500	-,411	-,408
	Sig. Bilateral		,482	,418	,777	,779	,730	,858	,577	,361	,395	,117	,209	,212
ARENA	Pearson	-,130	,035	-,154	,096	1	,125	-,623*	-,665*	-,029	-,688*	,282	-,071	,143
	Sig. Bilateral		,704	,918	,650	,779	,715	,040	,026	,934	,019	,400	,836	,674
MO	Pearson	-,063	,340	,800**	-,118	,125	1	-,114	,516	-,004	-,167	-,485	,103	-,154
	Sig. Bilateral		,854	,306	,003	,730	,715	,738	,104	,991	,624	,130	,764	,652
NEMAT	Pearson	-,050	,262	-,181	-,061	-,623*	-,114	1	,691*	-,171	,601	-,517	-,331	,320
	Sig. Bilateral		,884	,437	,595	,858	,040	,738	,018	,616	,051	,104	,321	,338
PLATEL	Pearson	,008	,301	,427	-,189	-,665*	,516	,691*	1	-,006	,543	-,642*	-,040	,010
	Sig. Bilateral		,980	,368	,191	,577	,026	,104	,018	,986	,084	,033	,907	,977
COPEPO	Pearson	,765**	-,624*	-,147	-,306	-,029	-,004	-,171	-,006	1	,587	,315	,884**	,224
	Sig. Bilateral		,006	,040	,666	,361	,934	,991	,616	,986	,058	,345	,000	,507
OLIGOQ	Pearson	,529	-,395	-,173	-,285	-,688*	-,167	,601	,543	,587	1	-,121	,379	,236
	Sig. Bilateral		,095	,230	,611	,395	,019	,624	,051	,084	,058	,723	,251	,485
POLIQ	Pearson	,388	-,635*	-,445	,500	,282	-,485	-,517	-,642*	,315	-,121	1	,184	-,182
	Sig. Bilateral		,238	,036	,170	,117	,400	,130	,104	,033	,345	,723	,587	,593
FORAM	Pearson	,582	-,400	,131	-,411	-,071	,103	-,331	-,040	,884**	,379	,184	1	,037
	Sig. Bilateral		,060	,223	,701	,209	,836	,764	,321	,907	,000	,251	,587	,915
ALACAR	Pearson	,133	,005	-,566	-,408	,143	-,154	,320	,010	,224	,236	-,182	,037	1
	Sig. Bilateral		,698	,988	,070	,212	,674	,652	,338	,977	,507	,485	,593	,915

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 5. Correlaciones de variables ambientales y ecológicas para Punta Napo

Correlaciones Punta Napo														
Variables		T°	UPS	O2	pH	ARENA	MO	NEMAT	PLATEL	COPEPO	OLIGOQ	POLIQ	FORAM	ALACAR
T°	Pearson	1	-,798**	,447	,252	,588	,151	,410	,020	,025	,573	,221	,823**	,054
	Sig. Bilateral		,003	,168	,454	,057	,657	,211	,953	,942	,065	,514	,002	,874
UPS	Pearson	-,798**	1	-,330	,130	-,443	-,311	-,592	-,216	,190	-,672*	-,395	-,800**	-,124
	Sig. Bilateral		,003	,322	,703	,173	,351	,055	,523	,576	,024	,230	,003	,716
O2	Pearson	,447	-,330	1	,196	,692*	-,474	,120	,353	,111	,410	-,228	,193	,215
	Sig. Bilateral		,168	,322	,563	,018	,140	,725	,287	,746	,211	,501	,569	,525
pH	Pearson	,252	,130	,196	1	,519	-,088	-,482	-,516	,471	-,073	-,166	,148	-,325
	Sig. Bilateral		,454	,703	,563	,102	,798	,133	,104	,144	,831	,626	,665	,329
ARENA	Pearson	,588	-,443	,692*	,519	1	-,331	,194	,173	,116	,440	-,295	,325	,167
	Sig. Bilateral		,057	,173	,102	,320	,568	,610	,734	,176	,379	,329	,624	
MO	Pearson	,151	-,311	-,474	-,088	-,331	1	,146	-,429	,131	-,105	,543	,480	,023
	Sig. Bilateral		,657	,351	,140	,798	,320	,669	,188	,701	,759	,084	,135	,946
NEMAT	Pearson	,410	-,592	,120	-,482	,194	,146	1	,463	-,399	,639*	,517	,363	,190
	Sig. Bilateral		,211	,055	,725	,133	,568	,669	,152	,225	,034	,104	,273	,576
PLATEL	Pearson	,020	-,216	,353	-,516	,173	-,429	,463	1	-,436	,607*	-,176	,068	,410
	Sig. Bilateral		,953	,523	,287	,104	,610	,188	,152	,180	,048	,605	,842	,210
COPEPO	Pearson	,025	,190	,111	,471	,116	,131	-,399	-,436	1	-,365	-,164	,177	-,219
	Sig. Bilateral		,942	,576	,746	,144	,734	,701	,225	,180	,269	,630	,603	,519
OLIGOQ	Pearson	,573	-,672*	,410	-,073	,440	-,105	,639*	,607*	-,365	1	,363	,572	-,115
	Sig. Bilateral		,065	,024	,211	,831	,176	,759	,034	,048	,269	,272	,066	,736
POLIQ	Pearson	,221	-,395	-,228	-,166	-,295	,543	,517	-,176	-,164	,363	1	,404	-,359
	Sig. Bilateral		,514	,230	,501	,626	,379	,084	,104	,605	,630	,272	,218	,279
FORAM	Pearson	,823**	-,800**	,193	,148	,325	,480	,363	,068	,177	,572	,404	1	,046
	Sig. Bilateral		,002	,003	,569	,665	,329	,135	,273	,842	,603	,066	,218	,892
ALACAR	Pearson	,054	-,124	,215	-,325	,167	,023	,190	,410	-,219	-,115	-,359	,046	1
	Sig. Bilateral		,874	,716	,525	,329	,624	,946	,210	,519	,736	,279	,892	

FUENTE: Elaboración propia

4.5. INDICADORES DE RESILIENCIA

La densidad de cada uno de los grupos de la meiofauna fue utilizada como indicador de resiliencia considerando el tiempo de retorno de la comunidad a su estado original luego de una perturbación. Por lo que, se realizó comparaciones entre la composición de los grupos por playa y en los meses de muestreo, previo, durante y posterior al evento El Niño 2015-16, en efecto se realizó los siguientes análisis:

- Análisis Cluster entre las fechas muestreadas.
- Análisis de Principales Componentes (PCA) entre las fechas muestreadas.
- One – Way NPMANOVA para observar diferencias significativas entre los grupos de fechas de las ordenaciones multivariadas.

4.5.1. Análisis Cluster

Se realizó un Análisis de agrupamiento restringido usando la distancia euclídeana, para agrupar por meses, se observó que existen 3 grupos de fechas para cada playa que serían los posibles atractores: pre impacto (azul), impactado (rojo), post impacto (verde).

Para la playa de Canoa los meses de octubre y noviembre representan el pre impacto, desde diciembre hasta julio los meses impactados, agosto y septiembre post impacto. En el caso de la playa de Briceño los meses pre impacto van desde octubre hasta enero, los impactados serían de febrero a julio y los post impactados agosto y septiembre. El análisis Cluster para Punta Napo agrupa los meses de octubre a diciembre como pre impacto, de enero a mayo como impactados y de junio a septiembre serían post impactados (Figura 14).

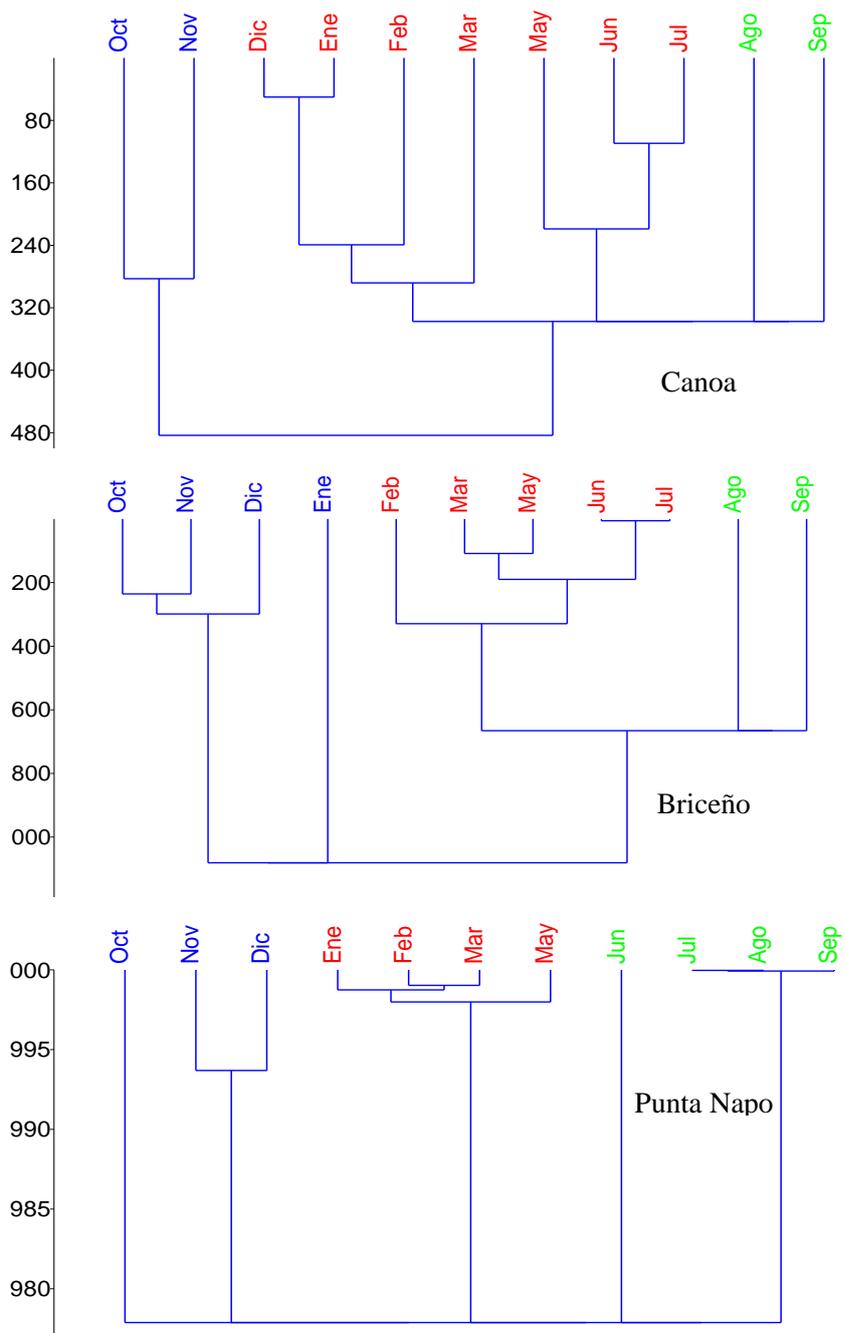


Figura 14. Análisis de agrupamiento restringido usando la distancia Euclídeana de las playas Canoa, Briceño y Punta Napo.
 FUENTE: Elaboración propia

4.5.2. Análisis de Principales Componentes

Al realizar un Análisis de Principales Componentes (PCA) la distribución de varianzas indica que los primeros 3 componentes tienen entre sí 66,86 % para Canoa, 74,25 % para Briceño y 74,40 % para Punta Napo (Tabla 6).

Tabla 6. Distribución de Varianzas del PCA realizado a Canoa, Briceño y Punta Napo

PC	Canoa	Briceño	Punta Napo
1	26,55	30,27	33,65
2	21,32	26,42	20,63
3	18,99	17,56	20,12
4	10,01	13,34	9,52
5	8,96	6,77	4,88
6	5,87	2,09	3,74
7	4,10	1,60	2,85
8	3,05	1,36	2,33
9	0,74	0,49	1,55
10	0,41	0,10	0,72

FUENTE: Elaboración propia

Al graficar los grupos de fechas se observa que con relación a los componentes 1 y 2 de la playa de Canoa, existe superposición entre los meses considerados Impactado (círculo rojo) y los de post Impacto (círculo verde), mientras que los meses de pre impacto (círculo azul) se encuentran separados de los demás meses, como se puede observar en la Figura 15. El componente 1 indica que los copépodos y halacaridos afectan negativamente y que el pH, poliquetos y temperatura de manera negativa (Figura 16).

En la playa Briceño, se observa que el grupo de fechas de pre impacto, impactado y post impacto se encuentra cercanas entre ellas, aunque no existe superposición entre ellas, las flechas de los meses impactados se alejan, pero regresan (Figura 17). El componente 1 está afectado negativamente por la salinidad y positivamente con los copépodos y halacaridos (Figura 18).

La playa de Punta Napo muestra en la Figura 19 separación más marcada entre los grupos, las flechas del post impacto se alejan del grupo que representa a los meses impactados y se acerca al pre impactado. El componente 1 está influenciado negativamente por la salinidad y positivamente por la mayoría de variables especialmente por la temperatura y granulometría (Figura 20).

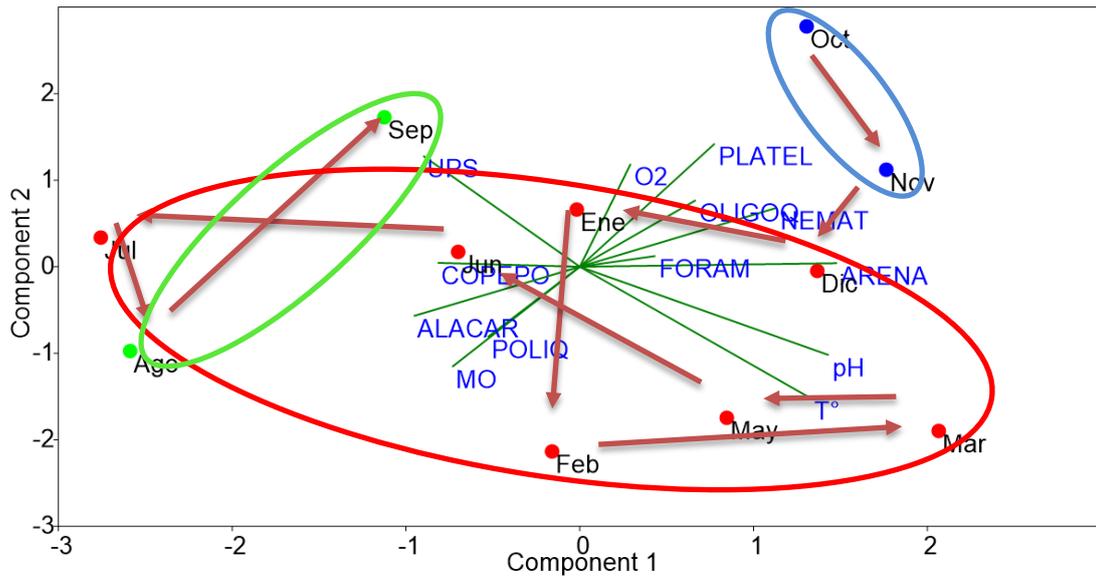


Figura 15. Biplot de Análisis de Componentes Principales entre fechas en base a taxa de la playa Canoa
 FUENTE: Elaboración propia

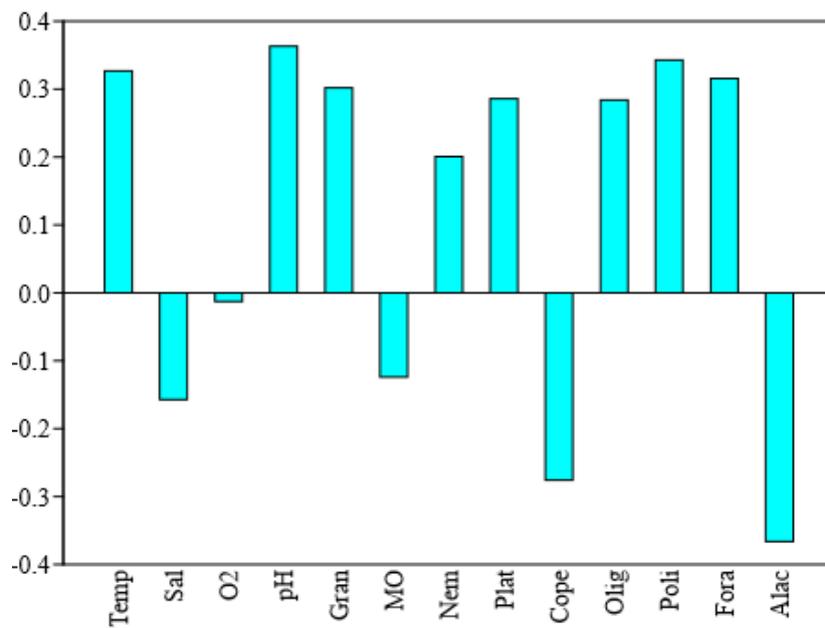


Figura 16. Correlación de los componentes 1 y 2 de la playa Canoa
 FUENTE: Elaboración propia

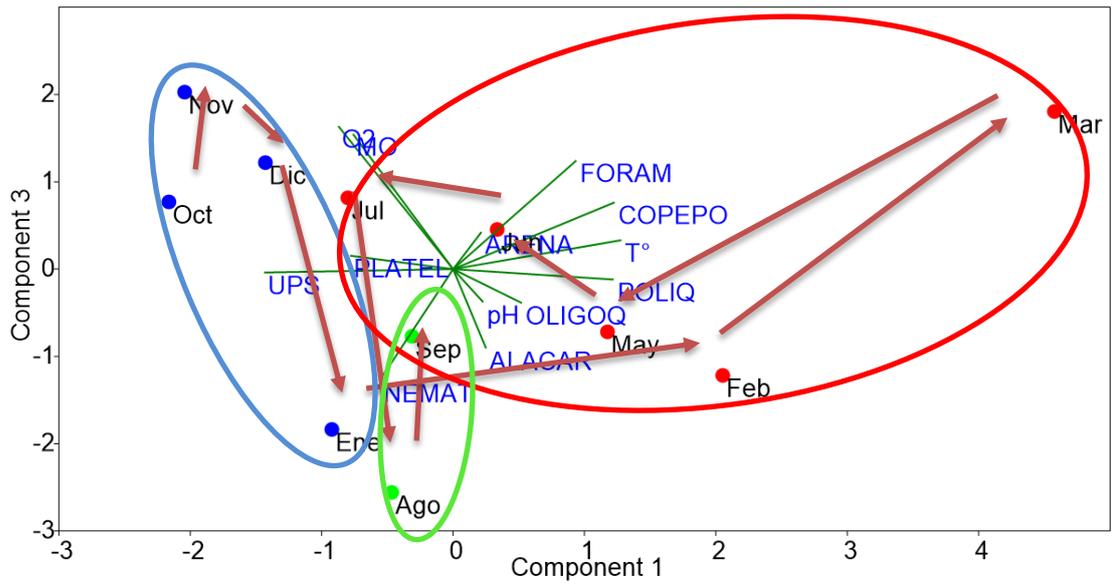


Figura 17. Biplot de Análisis de Componentes Principales entre fechas en base a taxa de la playa Briceño
 FUENTE: Elaboración propia

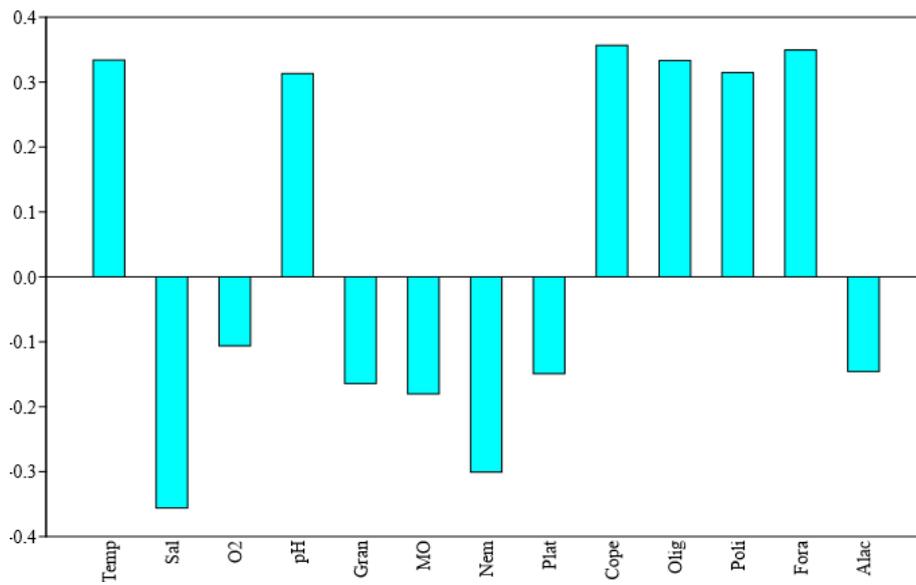


Figura 18. Correlación de los componentes 1 y 2 de la playa de Briceño
 FUENTE: Elaboración propia

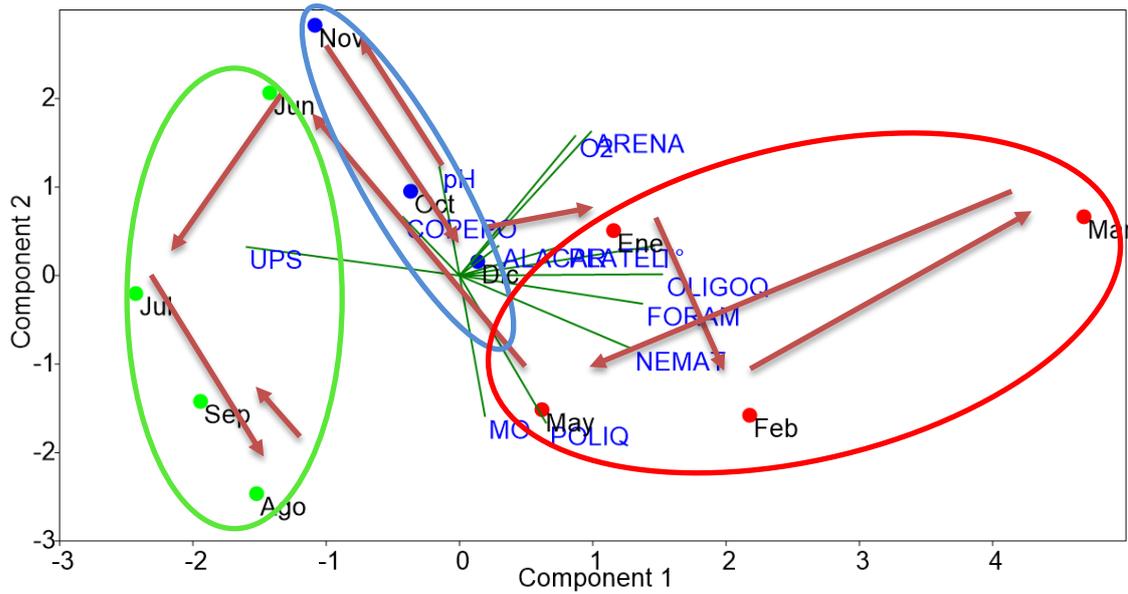


Figura 19. Biplot de Análisis de Componentes Principales entre fechas en base a taxa de la playa Punta Napo
FUENTE: Elaboración propia

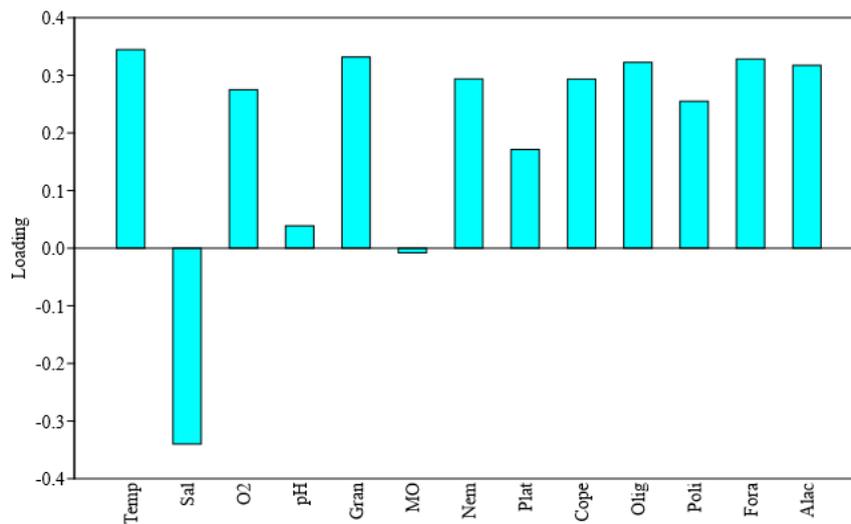


Figura 20. Correlación de los componentes 1 y 2 de la playa Punta Napo
FUENTE: Elaboración propia

4.5.3. One – Way NPMANOVA

Los grupos anteriormente diferenciados en el Análisis Cluster usando Constrained al aplicarle One - Way NPMANOVA nos indica para las tres playas que las probabilidades de que no haya cambio hacia otro atractor son bajas por lo que, los períodos temporales sí son diferentes para Canoa ($p < 0.05$) y para Punta Napo ($p < 0.05$), pero no hay diferencias de para Briceño ($p > 0.05$).

Al comparar los grupos utilizando Bonferroni se observó que no hay cambio hacia otro atractor ya que los periodos pre impacto y post impacto fueron iguales ($p > 0.05$), esto resultó para las tres playas.

Para la playa de Canoa el grupo de en medio, que representa el período con Impacto, no llega a ser significativamente diferente de los otros dos periodos, como se puede observar en la Tabla 7, por lo que no hubo cambio hacia otro atractor. La playa de Briceño tiene diferencias significativas entre el grupo de pre impacto y el impactado ($p < 0.05$), es decir son diferentes (Tabla 8). La playa de Punta Napo no muestra diferencias entre el pre impacto y el impactado ($p > 0.05$) y entre el impactado y el post impactado ($p > 0.05$) (Tabla 9).

Tabla 7. Análisis One - Way NPMANOVA Canoa (p significativos en negrita).

p = 0,0101	Pre impacto	Impactado	Impactado
Pre impacto			
Impactado	0,0741		
Post impacto	1	0,5751	

Tabla 8. Análisis One - Way NPMANOVA Briceño

p = 0,0527	Pre impacto	Impactado	Impactado
Pre impacto			
Impactado	0,0426		
Post impacto	1	0,1527	

Tabla 9. Análisis One - Way NPMANOVA Punta Napo

p = 0,0141	Pre impacto	Impactado	Impactado
Pre impacto			
Impactado	0,0765		
Post impacto	1	0,0858	

FUENTE: Elaboración propia

4.6. INDICADOR MULTIVARIADO DE RESILIENCIA

El Indicador Multivariado de Resiliencia (IMR) promedio de las tres playas fue 0.381 (Figura 21), clasificando en el rango “medio”, el cual es menor a la hipótesis planteada. Sin embargo, debido a la alta variabilidad del IMR de las playas (Figura 22), la prueba de hipótesis no fue significativa ($p > 0.05$). El IMR fue mayor en la Playa Briceño, seguido de P. Canoa y luego P. Napo, confirmando las diferencias significativas del NPMANOVA en P. Briceño.

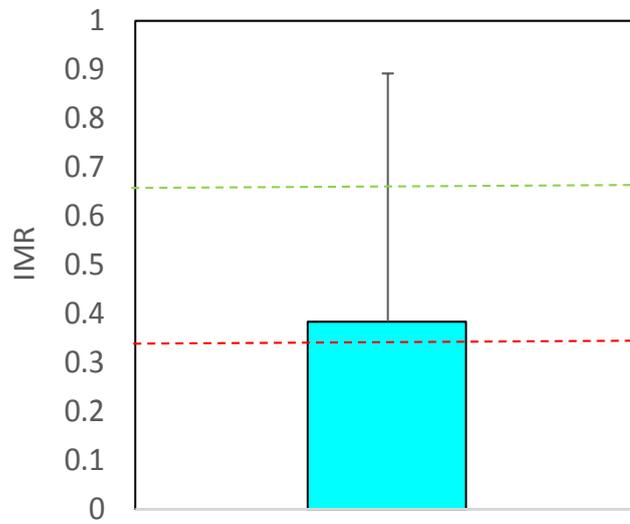


Figura 21. Índice multivariado de resiliencia promedio.

FUENTE: Elaboración propia

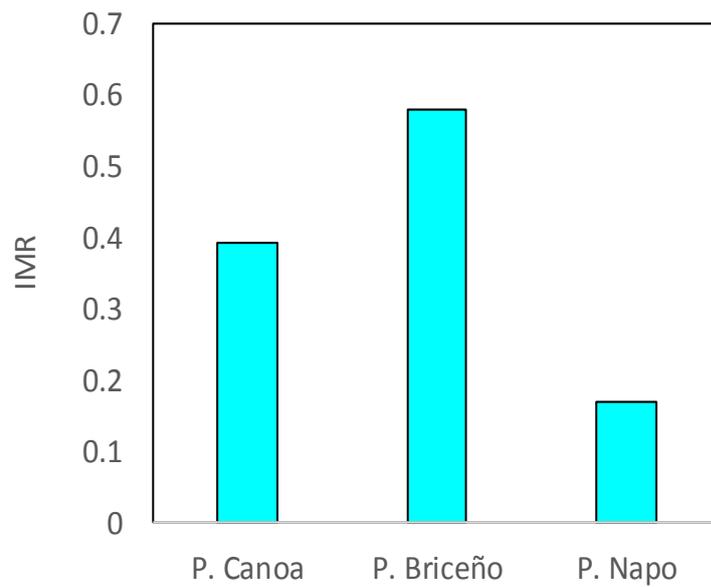


Figura 22. Índice multivariado de resiliencia en cada playa.

FUENTE: Elaboración propia

4.7. DISCUSIÓN

4.7.1. Condiciones Ambientales

Los resultados de la variabilidad ambiental del agua de mar en este estudio muestran características oceanográficas propias de la región ecuatorial, con su estacionalidad climática (época seca y época de lluvia) y recurrente presencia de perturbaciones ambientales por fenómeno de El Niño, terremotos en el lecho marino y maremotos que afectan la costa de Ecuador. En efecto, el reporte del INOCAR señala que las anomalías de la Temperatura Superficial del Mar para el periodo 2014 - 2019 en el Pacífico ecuatorial, continuaron positivas, pero de menor magnitud y con tendencia a disminuir, por lo que los promedios fueron menores a 1°C, y por lo que en particular la costa de Manabí es afectada por dicho evento (Figura 23 y 24).

El análisis granulométrico del sedimento intermareal en las tres playas mostró una notable tendencia de contener mayor proporción la arena fina, seguida por la arena media, y en porcentajes menor al 2% la arena muy fina y la arena gruesa. Lo que se complementa al trabajo de Vélez-Falcones (2019) que señala que la granulometría de estas playas tiende a predominar arena fina (0,075 mm) en proporción superior al 80 %, propio de playas disipativas. Así mismo, se concuerda con lo descrito por Short (1996) que en playas disipativas predomina la arena fina (menor a 0.2 mm de diámetro).

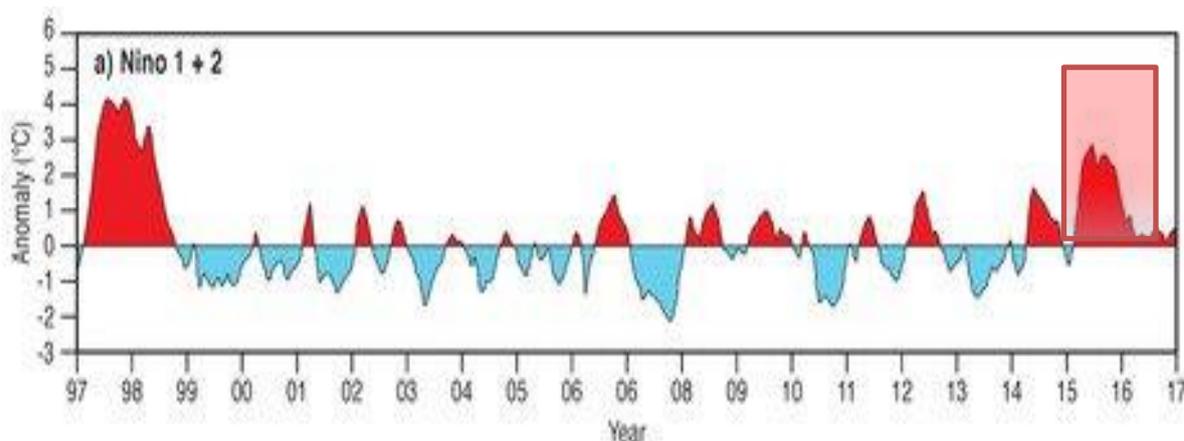


Figura 23. Series de tiempo de anomalías de TSM (° C) para la región NIÑO 1 + 2, 1997–2016.

Fuente: Obtenido y redibujado del Boletín de Diagnóstico del

Clima. <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/CDB>. El rectángulo indica El Niño 2015-16 (en Vélez-Falcones 2019).

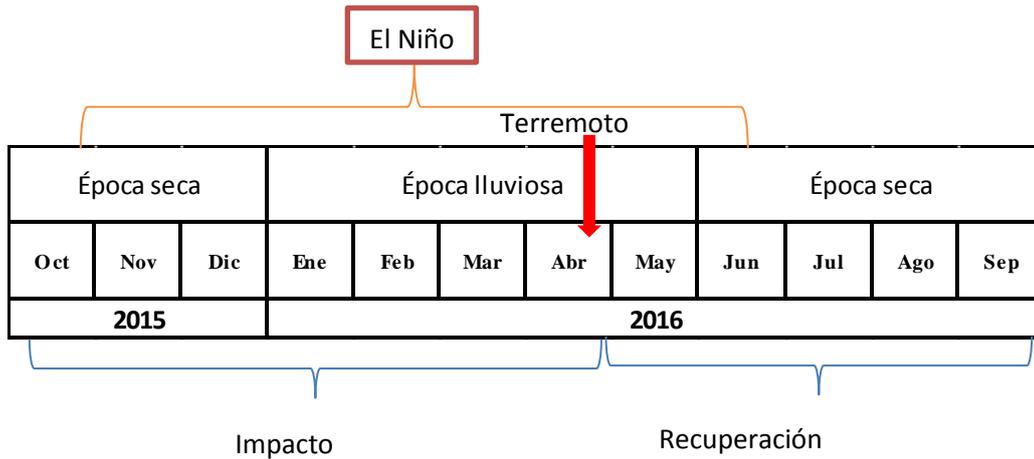


Figura 24. Diagrama de eventos naturales (estacionalidad, El Niño 2015-16, terremoto 2016) durante el periodo de estudio en San Vicente (modificado de Vélez-Falcones 2019).
FUENTE: Elaboración propia.

4.7.2. Estructura comunitaria

En el contexto de la estructura comunitaria del meibentos intermareal de las playas de San Vicente se encontraron 7 grupos taxonómicos como son Nematodos, Platelmintos, Copépodos, Oligoquetos, Poliquetos, Foraminíferos y Alacaridos. Siendo los nematodos el grupo más representativo constituyendo entre el 80 y 90 % de la abundancia total de la comunidad, lo que se reafirma el criterio de McIntyre (1971) que los nematodos de vida libre conforman el 90 % de toda la fauna de metazoos. Sin embargo, Muñoz (2014) en un estudio realizado en la parroquia de Manglaralto de la Provincia de Santa Elena, encontró 5 grupos como son: Nematoda, Polychaeta, Copépoda, Ostrácoda y Foraminífera, siendo Nematoda el grupo más abundante con el 94% seguida de Polychaeta con el 5%, Copepoda con el 1% y Ostracoda y Foraminifera menores al 1%.

En el contexto del análisis de los índices comunitarios obtenidos, se puede considerar a la playa de Canoa como la zona de mayor diversidad y equidad con respecto a las otras playas, pero de menor abundancia, mientras que en Punta Napo ocurre lo contrario, teniendo mayores valores de la riqueza de los grupos taxonómicos y mayor densidad de individuos, pero bajos valores de diversidad y equidad, posiblemente esto se debe a la dominancia de nematodos.

La estructura ecológica de la meiofauna está determinada por una compleja combinación de factores abióticos y bióticos que aparecen interrelacionados formando gradientes ambientales (Méndez *et al.* 1998; Papadopoulou *et al.* 1998; Rokicka-Praxmajer *et al.* 1998; Yamamuro 2000).

Existen a escala mundial estudios sobre la abundancia y la diversidad de la meiofauna marina. En Ecuador, Calles (2001) describe la composición y diversidad de la meiofauna y su relación con factores ambientales en 5 estaciones intermareales de la provincia del Guayas, el mismo autor (1999), indicó que la baja presencia de otros grupos como los copépodos y rotíferos se debe a que estos organismos pueden desplazarse libremente, por lo que en el momento de introducir el core se forma una columna de agua sobre el sedimento lo cual es aprovechado por estos organismos para evadir la colección.

En el análisis de correlaciones de variables ambientales se observó la fuerte relación que existe entre la temperatura y la salinidad para las tres playas, se cree, que entre los factores que se relacionan directamente con la variación interanual de la composición de la meiofauna de San Pedro y Salinas en las épocas seca y lluviosa, se encuentran estas mismas variables, lo cual fue expuesto por Calles *et al.* (2001).

El aumento de la temperatura en época cálida, provoca anoxia en el agua lo que reduce la abundancia del meiobentos. La disminución de la temperatura en época fría, puede ocasionar un aumento de eventos reproductivos y así influir en el incremento del meiobentos, según enuncia Yamamuro (2000). Además, las especies del meiobentos en especial los nematodos han sido registrados como altamente tolerables a las aguas salobres (Platonova y Galtsova 1985 y Santos *et al.* 1996). En hábitats intermareales, Coull (1999) plantea que existe una tendencia a la disminución de la abundancia y del número de especies a medida que disminuye la distancia a la fuente estuariana o de agua dulce.

4.7.3. Resiliencia

El Índice Multivariado de Resiliencia (IMR) fue clasificado como “medio” para P. Canoa y P. Briceño, mientras que fue “bajo” para P. Napo. La trayectoria de las comunidades indica que en las tres playas El Niño 2015-16 causó un impacto hasta Marzo 2016 y que luego las

comunidades fueron recuperándose hasta Setiembre 2016. La baja resiliencia encontrada en P. Napo puede indicar que este ecosistema tiene la capacidad de transformarse y evolucionar, adaptándose a nuevas condiciones ambientales. La posibilidad de múltiples estados del ecosistema, donde el cambio de composición no necesariamente significa una baja viabilidad, permite cambios de régimen hacia otros estados de la comunidad (Serlin 2010).

Los cambios en la estructura y composición específica en las comunidades de la meiofauna pueden considerarse el resultado de eventos naturales estocásticos (e.g. El Niño) que influyen tanto en ambientes terrestres como marinos (escurrimientos pluviales, tormentas tropicales, huracanes), lo que dificulta evaluar el efecto antropogénico sin considerar, al mismo tiempo, las variables ambientales antes mencionadas.

La expectativa teórica de encontrar una resiliencia alta en el meiofentos, puede requerir monitoreo de largo plazo con enfoques más dinámicos. Diversos autores han encontrado que la comunidad meiofentónica es un indicador más sensible de perturbaciones que la comunidad macrofentónica, ya que la capacidad de recuperación y recolonización del meiofentos es más rápida que la del macrofentos, con una recuperación completa en poco tiempo (Gupta y Desa 2001), por lo que cabe esperar una resiliencia más baja en las comunidades macrofentónicas de las playas ecuatorianas, lo cual requiere medidas más precautorias para la conservación o recuperación de estos ecosistemas frágiles frente a perturbaciones naturales o antropogénicas.

V. CONCLUSIONES

1. En las playas arenosas de San Vicente se identificaron 7 grupos taxonómicos como son Nematodos, Platelmintos, Copépodos, Oligoquetos, Poliquetos, Foraminíferos y Alacaridos, siendo los nematodos el grupo con mayor densidad de individuos por cm^2 con un 80 a 90% de la abundancia total de los grupos encontrados. La playa con mayor abundancia de individuos fue Briceño con 1917 ind/10 cm^2 , y la playa con los mayor diversidad y equidad basada en los índices ecológicos de Shannon (0,60), Margalef (0,64) y Equidad (0,39) fue la de Canoa, aunque esta última con menor abundancia
2. En el marco de las variables ambientales analizadas en este estudio, la variable que estuvo fuertemente correlacionada con la densidad de nematodos fue la granulometría, mostrando significancia con un p valor de 0,005 y 0,040 para las playas de Canoa y Briceño respectivamente. Contrastando, con la playa de Punta Napo donde estas variables no mostraron signos de correlación.
3. En el análisis Cluster, se caracterizan los cambios ambientales como son: impacto, impactado y post impacto en la franja marino costera de San Vicente, basada en la temporalidad del monitoreo. En cuanto a el análisis de componentes principales muestra que para la playa de Canoa los copépodos afectan positivamente al primer componente y el oxígeno disuelto negativamente, mientras que para Briceño y Punta Napo el primer componente está afectado negativamente por la salinidad en ambas playas.
4. Asimismo, el análisis One - Way NPMANOVA mostró que los cambios en las abundancias de las comunidades del ecosistema de playas son dinámicos, ya que cambian de un estado original a otro estado impactado, pero la composición taxonómica no presentó cambios significativos. Las trayectorias multivariadas muestran que el evento El Niño 2015-16 afectó las comunidades meiobentónicas de

las tres playas hasta marzo 2016, junto con los efectos climáticos de la estacionalidad ambiental y el terremoto de abril 2016. Según el Índice Multivariado de Resiliencia (IMR) muestra que el ecosistema de playas de Canoa y Briceño son moderadamente resilientes, mientras que Punta Napo muestra bajo índice de resiliencia, lo que no apoya la hipótesis planteada. Sin embargo, estos resultados sugieren que la resiliencia no es necesariamente un atributo asociado a la viabilidad de un ecosistema, pues una baja resiliencia puede indicar la capacidad del ecosistema de transformarse y adaptarse a nuevas condiciones ambientales, como ocurrió en playa Napo.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios a nivel de especies, ya que nos podrían revelar especies clave, bioindicadoras, o predictoras de posibles eventos ambientales y o contaminación, como una importante herramienta que ayude a los tomadores de decisión en el manejo de ecosistemas marinos costeros, como son las playas arenosas.
2. Realizar estudios comparativos con años no afectados por un ENSO en futuros proyectos de investigación, en las mismas playas analizadas en este estudio.
3. Efectuar investigaciones de seguimiento para identificar si existe cambio en la composición de las comunidades biológicas y determinar las variaciones temporales en las variables ambientales.
4. Aplicar en próximos proyectos de investigación la gestión de la resiliencia y el enfoque de sistemas adaptativos complejos para el manejo de las playas de Ecuador, analizando el efecto conjunto de la gran estocasticidad natural y antropogénica.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Byers S, Mills E & Stewart P. 1978. Comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments, with suggestions for a standard method. *Hydrobiologia* 58:43-47.
- Borja, A., Franco J. & Pérez, V. 2000. A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft – Bottom Benthos within European estuarine and Coastal Environments. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 40, N. 12, pp.1100 – 1114.
- Calles, A. 1999. Biodiversidad del meiobentos en playas arenosas del Ecuador, con énfasis en nematodos marinos de vida libre. Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, Proyecto VLIR-ESPOL, Ecuador.
- Calles A, K. 2001. Biodiversity of the meiobenthos of sandy beaches in Ecuador with emphasis on free-living marine nematodes. M.Sc. Thesis, University Gent. Bélgica
- Carpenter, S., Walker, B., Anderies, M. & Abel, N. 2001. From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What? *Ecosystems* 4:765-781
- CIIFEN 2017. El Niño 2015-16: Evolución, vulnerabilidad e impactos en Latinoamérica, p 1-38.
- Coull, B. C. 1999. Role of meiofauna in estuarine soft-bottom habitats. *Austral. J. Ecol.* 24: 327-343.
- Covich, A. 2006. Protección de la biodiversidad del bentos para asegurar procesamiento de materia orgánica y servicios del ecosistema: Importancia de los invertebrados fragmentadores en redes de drenaje. *Ecotrópicos*. 19 (2): 109 – 127.
- Covich, A., Austen, M., Barlocher, F., Chauvet, E., Cardinale, B., Biles, C., Inchausti, P., Dangles, O., Solan, M., Gessner, M., Statzner, B. & Moss, B. 2004. The role of biodiversity in the functioning of fresh water and marine benthic ecosystem. *BioScience*, Vol. 54, N. 4, pp. 767 – 775
- Cruz, M. 1998. Estudio del Meiobentos en el Golfo de Guayaquil (Río Guayas, Canal Cascajal y Estero Salado), Ecuador, en Agosto de 1996. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Vol. 9, No. 1, pp. 177 – 185.

- Cruz, M. 2002. Meiofauna del Golfo de Guayaquil, Ecuador (Río Guayas, Canal Cascajal y Estero Salado) obtenida en abril de 1997. *Acta oceanográfica del Pacífico*. Vol. 11, N. 1. Ecuador.
- Dauvin, J.C. And Ruellet, T. 2007. Polychaete/Amphipod Ratio Revisited. *Marine Pollution Bulletin*, 55, 215-224.
- Dauvin, J.C. Bellan, G. & Bellan-Santini, D. 2010. Benthic Indicators: from subjectivity to objectivity – where is the line?. *Marine Pollution Boletin* 60: 947-953
- DeAngelis, D. L. 1980. Energy Flow, Nutrient Cycling, and Ecosystem Resilience. *Ecology* 61 (4):764 - 771.
- Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L. & Holling, C.S. 2004. Regime Shifts, Resilience, and Biodiversity in Ecosystem Management. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*
- Gupta, R S, Desa, E. 2001. *The Indian Ocean: A perspective*. Vol. 2 A.A. Balkema Publishers. Tokyo. 868 pp
- Gómez-Canchong, P. 2011. Estabilidad y resiliencia en comunidades marinas: un enfoque alométrico. Tesis de Postgrado. Universidad de Concepción, Chile.
- Gunderson, L. H., Holling, C.S. 2002. *Panarchy; understanding transformations in human and natural systems*. Washington, DC: Island Press.
- Hansson, S.O & Helgesson, G. 2003. What is stability?. *Kluwer Academic Publisher. Synthese* 136: 219 -235. Holanda.
- Holling, C.S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annu Rev. Ecol Syst* 4:1-23
- Hughes T., Bellwood D., Folke C., Steneck R., & Wilson J. 2005. New paradigms for supporting the resilience of marine ecosystems. *Trends Ecol Evol* 20(7):381-386
- Keough, M. & Quinn, G. 1998. Effects of periodic disturbances from trampling or rocky intertidal algal beds. *Ecological Applications*, 8(1); 141-161
- Luck, G.W., Daily, G.C. & Ehrlich, P.R. 2003. Population diversity and ecosystem services. *Trends in Ecology & Evolution* 18: 331 – 336.
- Ludwig, D., Walker, B., & Holling, C. S. 1997. Sustainability, Stability, and Resilience. *Conservation Ecology* 1 (1): 7. Available from the Internet. URL: <http://www.consecol.org/vol1/iss1/art7/>
- Martín-López, J., González, J.A., Díaz, S., Castro, I. & García-Llorente, M. 2007. Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Ecosistemas*, revista científica y técnica de ecología y medio ambiente. 16 (3): 69-80.

- Maturana, J, Bello M & Manley M. 2004. Antecedentes históricos y descripción del fenómeno El Niño, Oscilación del Sur. En *El Niño-La Niña 1997-2000: sus efectos en Chile*, eds. Segio Avaria, Jorge Carrasco, José Rutllant y Eleuterio Yañez, 13-28. Valparaíso: Comi-té Oceanográfico Nacional (CONA).
- McIntyre, A.D. 1971. Observations on the status of subtidal Meiofauna research. Proc. Of the first international Meiofauna Conference (IIMCO). Hullings (Editor). Smithsonian Contr. To Zoology. No. 76, p. 149-154.
- Méndez, N., Flos, J., & Romero, J. 1998. Littoral soft-bottom Polychaetes communities in a pollution gradient in front of Barcelona (Western Mediterranean, Spain). *Bull. Mar. Sci.*, 63(1), 167-178.
- Muñoz-Reyes. D. D. 2014. Efectos de efluentes de una fábrica procesadora de sardina sobre poblaciones meiobentónicas con énfasis en nemátoda, materia orgánica y pH ubicada en la comuna Valdivia, Santa Elena – Ecuador. Tesis de Grado. Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad, Ecuador, 113 pp.
- OMM. 2016. Boletín El Niño/La Niña Hoy. 18 febrero 2016.
- Papadopoulou, K.N., Karakassis, I., & Otegui, A. 1998. Harbour meiofaunal communities and organic enrichment effects. *Infona*. 7(3): 34-41
- Patricio, J., Adão, H., Neto, J., Alves, A., Traunspurger, W., Marques, J.C. 2012. Do nematode and macrofauna assemblages provide similar ecological assessment information?. *Ecological Indicators* 14. Pp. 124 – 137
- Peterson, C.H; Hickerson, D-H.M; Jhonson, G. 2000. Short-term consequences of nourishment and bulldozing on the dominant large invertebrates of a sandy beach. *Journal of Coastal Research*, 16: 368-378.
- Platonova, T. A Y V.V Galtsova. 1985. Nematodes and their role in the meiobenthos. Oxonian Press Ltd. New Delhi. 366 pp.
- Rokicka-Praxmayer, J., Radziejewska, T., & Dworzarczyk. H. 1998. Meiobenthic communities of the Pomeranian Bay (southern Baltic): Effects of proximity to river discharge. *Oceanologia*, 40(3), 243-260.
- Santos, P. J., Castel J. and Souza-Santos L. P. 1996. Seasonal variability of meiofaunal abundance in the oligo-mesohaline area of the Gironde Estuary, France. *Estuar. Coast. Shelf. Sci.* 43: 549-563.
- Saunders, C; Selwyn, J; Richardson, S; May, V; Heeps, C. 2000. *A Review of the Effects of Recreational Interactions within UK European Marine Sites*. UK CEED Marine in

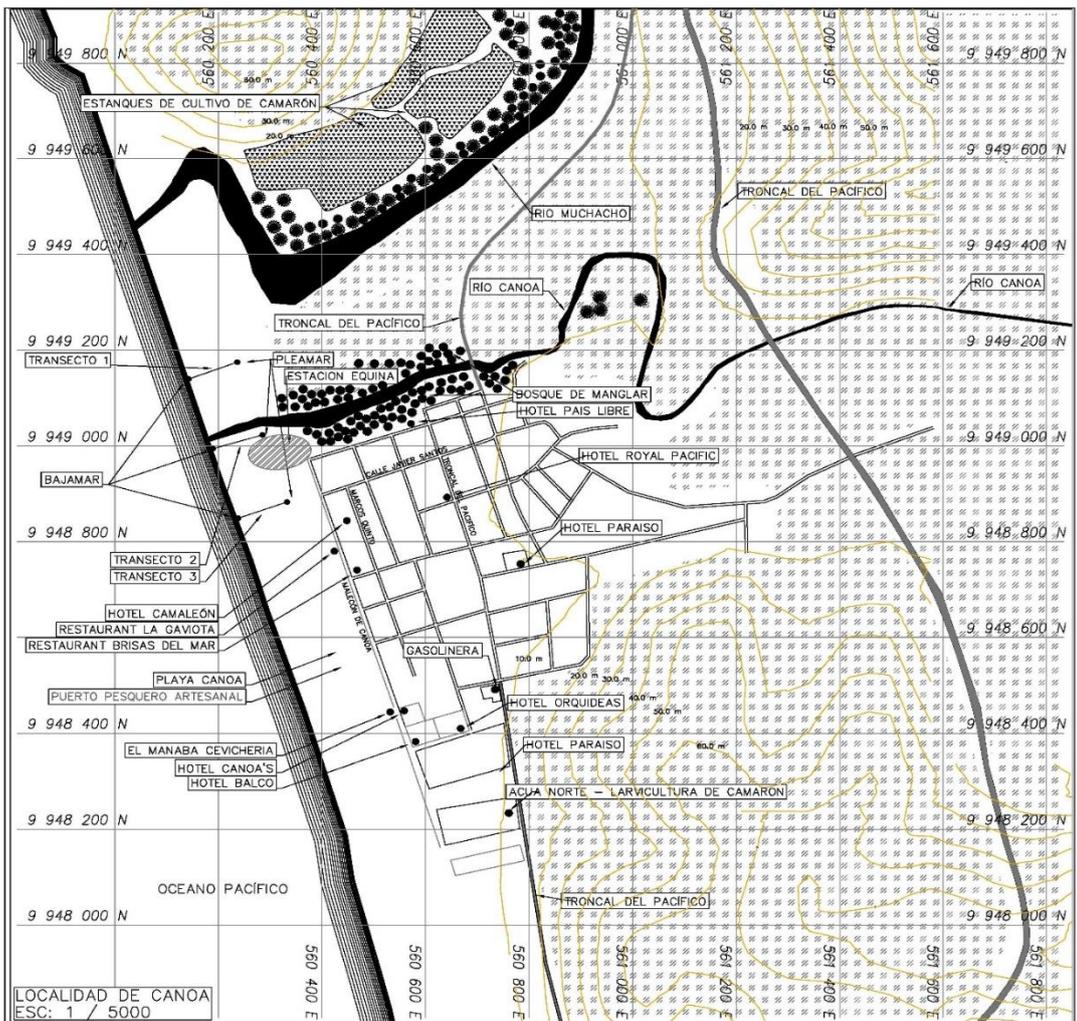
- association with Bournemouth University, Center for Coastal Conservation and Education, 265 pp.
- Scheffer, M., Carpenter, S.R., Foley, J., Folke, C., Walker, B.H. 2001. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 413:591 – 96
- Schoeman, D.S, Mclachlan, A, Dugan, J.E. 2000. Lessons from a disturbance experiment in the intertidal zone of an exposed sandy beach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 50: 869 – 884.
- Serlin, J, 2010. Conocimiento de la gestión de las organizaciones, sistemas complejos dinámicos inestables adaptativos, Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas.
- Soto, E., Caballero, W. Quiroga, E. 2015. Composition and vertical distribution of metazoan meiofauna assemblages on the continental shelf off central Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 43 (5): 922 – 835.
- Tilman, D, Downing, J.A. 1994. Biodiversity and stability in grasslands. *Nature* 367: 363 – 365
- Vélez-Falcones J. E. 2019. Efectos de perturbaciones naturales y antropogénicas sobre las comunidades macrobentónicas en playas arenosas del cantón San Vicente, Manabí-Ecuador. Tesis de Maestría en Ecología Aplicada. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú, 86 pp.
- Voituriez B, Guy. J. 2000. El Niño: realidad y ficción. COI Foro de los océanos, Unesco.Colección COI, Foro de los océanos. 142 pp
- Wentworth CK. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology* 30: 377–392.
- Wu, J. 1998. The Distribution of Benthic Infauna in the Nearshore Zone of Adelaide's Northern Metropolitan Coast. Thesis of the Masters of Ecology and Management, University of Adelaide, Australia, 71 pp
- Wu, J. 1998. The Distribution of Benthic Infauna in the Nearshore Zone of Adelaide's Northern Metropolitan Coast. Thesis of the Masters of Ecology and Management, University of Adelaide, Australia, 71 pp
- Yamamuro, M. 2000. Abundance and size distribution of sublittoral meiobentos along estuarine salinity gradients. *Journal of Marine Systems* 26(2), 135-143. [http://doi.org/10.1016/S0924-7963\(00\)00050-6](http://doi.org/10.1016/S0924-7963(00)00050-6)
- Yáñez S. A, 2015. Composición, estructura y biomasa de la meiofauna intermareal de San Pedro de Manglaralto, Ecuador. Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica del

Litoral. Facultad de ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y Recursos Naturales.

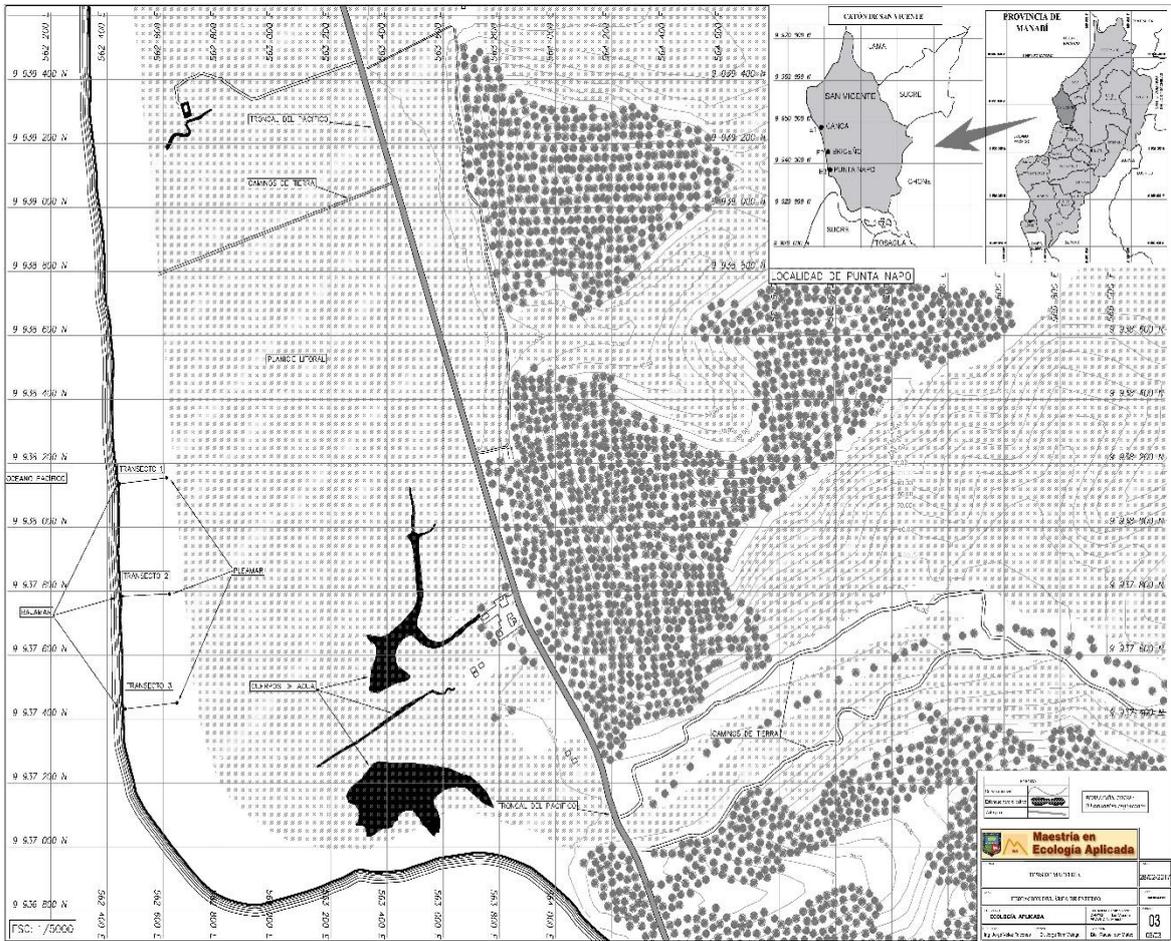
Yupanqui, W., Quipúzcu, L. Marquina, R., Velazco, F. Enríquez, E. & Gutiérrez, D. 2007. Composición y distribución del macrobentos en la Ensenada de Sechura, Piura, Perú. Rev. Perú Biol. 14 (1): 75 – 85.

VIII. ANEXOS

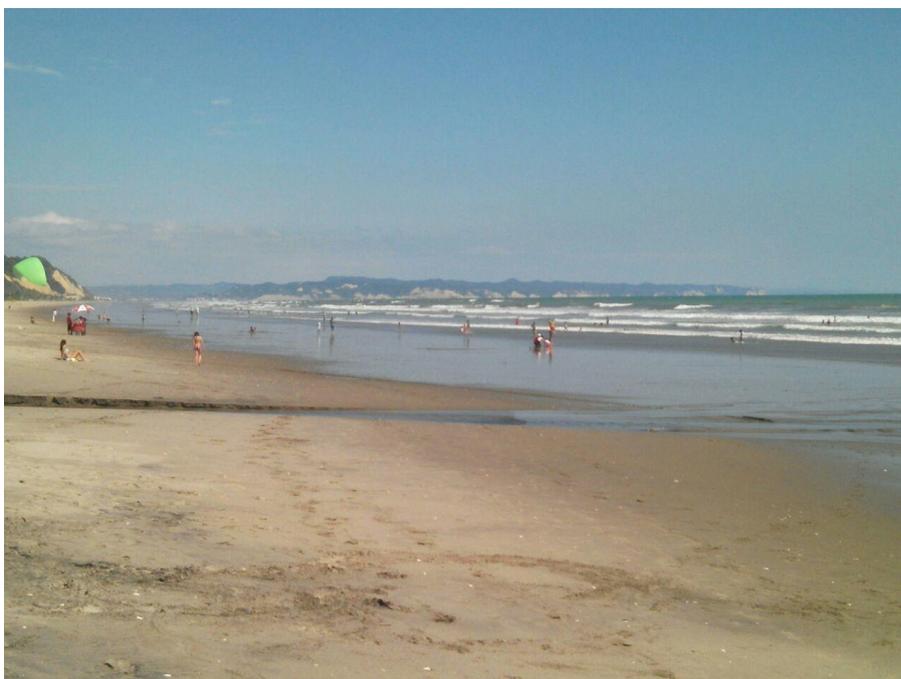
Anexo 1: Mapa de Canoa.



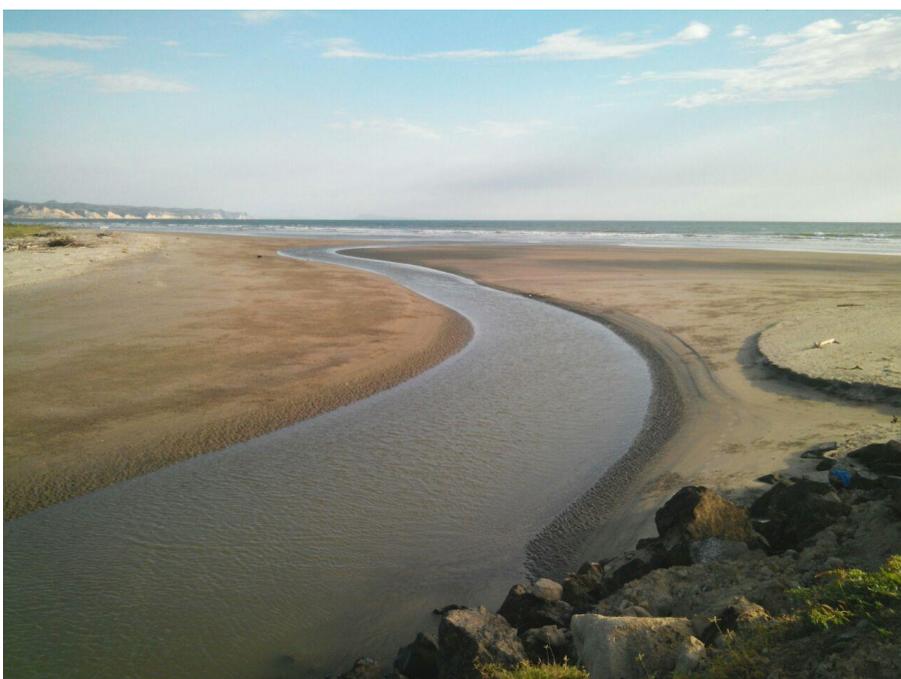
Anexo 3: Mapa de Punta Napo.



Anexo 4: Río Canoa.



Anexo 5: Río Briceño.



Anexo 6: Playa de Canoa.



Anexo 7: Registro de la pendiente en la playa de Punta Napo.



Anexo 8: Toma de salinidad, pH y oxígeno con Multiparametro en la playa de Briceno.



Anexo 9: Fijación de muestras en la playa de Canoa.



Anexo 10: Análisis granulométrico.



Anexo 11: Análisis de materia orgánica.



Anexo 12: Estadística Univariada para los datos biológicos y ambientales de la playa de Canoa

	T°	UPS	O2	pH	AREN	MO	NEMAT	PLATE	COPEP	OLIG	POLIQ	FORAM	ALAC
N	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Min	26,35	30,00	6,14	7,34	61,43	0,87	29,00	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Max	28,97	34,00	6,88	8,33	94,64	1,95	892,00	79,00	236,00	17,00	2,00	27,00	143,00
Sum	301,82	368,20	71,79	84,92	884,99	14,16	4211,00	397,00	341,00	47,00	5,00	100,00	162,00
Mean	27,44	33,47	6,53	7,72	80,45	1,29	382,82	36,09	31,00	4,27	0,45	9,09	14,73
Std. error	0,24	0,36	0,05	0,10	2,83	0,08	76,46	6,46	22,19	1,48	0,25	3,05	12,94
Variance	0,63	1,46	0,03	0,10	87,98	0,08	64305,96	459,49	5418,40	24,02	0,67	102,49	1842,42
Stand. dev	0,80	1,21	0,18	0,32	9,38	0,28	253,59	21,44	73,61	4,90	0,82	10,12	42,92
Median	27,24	34,00	6,52	7,60	82,98	1,23	344,00	28,00	1,00	4,00	0,00	5,00	0,00
25 prntil	27,05	33,20	6,43	7,43	73,47	1,10	135,00	20,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
75 prntil	27,97	34,00	6,62	7,99	83,56	1,40	554,00	51,00	5,00	6,00	1,00	22,00	0,00
Kurtosis	-0,05	8,43	2,33	-0,55	0,61	2,78	0,14	0,18	7,01	4,55	0,63	-0,83	10,48
Geom. mean	27,43	33,45	6,52	7,71	79,94	1,26	281,24	31,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coeff. var	2,90	3,61	2,78	4,12	11,66	21,69	66,24	59,39	237,45	114,70	180,44	111,36	291,46

Anexo 13: Estadística Univariada para los datos biológicos y ambientales de la playa de Briceño

	T°	UPS	O2	pH	AREN	MO	NEMAT	PLATE	COPEP	OLIG	POLIQ	FORAM	ALAC
N	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Min	26,29	23,50	6,27	7,19	85,27	0,88	132,00	9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Max	30,00	34,00	6,79	8,00	95,00	2,97	1768,00	80,00	82,00	16,00	1,00	17,00	77,00
Sum	303,00	347,45	71,90	83,44	997,87	16,87	7080,00	466,00	99,00	63,00	5,00	40,00	102,00
Mean	27,55	31,59	6,54	7,59	90,72	1,53	643,64	42,36	9,00	5,73	0,45	3,64	9,27
Std. error	0,33	1,23	0,05	0,08	0,93	0,20	150,01	7,72	7,33	1,73	0,16	1,51	7,11
Variance	1,23	16,52	0,03	0,08	9,46	0,45	247521,30	655,85	590,80	33,02	0,27	25,05	556,02
Stand. dev	1,11	4,06	0,16	0,28	3,08	0,67	497,52	25,61	24,31	5,75	0,52	5,01	23,58
Median	27,22	34,00	6,51	7,65	91,34	1,22	546,00	38,00	1,00	5,00	0,00	2,00	0,00
25 prentil	26,56	30,00	6,41	7,32	87,61	1,12	279,00	16,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
75 prentil	28,18	34,00	6,72	7,75	92,73	2,11	886,00	73,00	5,00	9,00	1,00	6,00	1,00
Kurtosis	1,08	1,14	-0,98	-1,21	-0,75	0,61	1,50	-1,28	10,77	-0,47	-2,44	5,35	8,38
Geom. mean	27,53	31,32	6,53	7,58	90,67	1,42	483,74	34,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coeff. var	4,03	12,87	2,51	3,65	3,39	43,95	77,30	60,45	270,07	100,33	114,89	137,65	254,29

Anexo 14: Estadística Univariada para los datos biológicos y ambientales de la playa de Punta Napo

	T°	UPS	O2	pH	AREN	MO	NEMAT	PLATE	COPEP	OLIG	POLIQ	FORAM	ALAC
N	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Min	26,08	33,00	6,42	7,40	92,22	0,71	232,00	7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Max	29,20	34,00	6,68	8,02	96,68	2,55	1095,00	109,00	15,00	9,00	1,00	2,00	4,00
Sum	303,61	370,80	72,46	84,88	1039,56	22,01	6261,00	384,00	26,00	26,00	5,00	8,00	5,00
Mean	27,60	33,71	6,59	7,72	94,51	2,00	569,18	34,91	2,36	2,36	0,45	0,73	0,45
Std. error	0,29	0,11	0,03	0,06	0,37	0,20	79,92	9,36	1,34	0,82	0,16	0,19	0,37
Variance	0,93	0,13	0,01	0,04	1,49	0,43	70251,76	963,89	19,85	7,45	0,27	0,42	1,47
Stand. dev	0,97	0,36	0,09	0,20	1,22	0,65	265,05	31,05	4,46	2,73	0,52	0,65	1,21
Median	27,96	34,00	6,59	7,69	94,59	2,16	474,00	20,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00
25 prentil	26,44	33,50	6,57	7,58	93,88	1,99	339,00	10,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
75 prentil	28,05	34,00	6,65	7,91	95,25	2,48	713,00	55,00	2,00	4,00	1,00	1,00	0,00
Kurtosis	-0,64	-0,64	0,35	-0,67	0,40	1,22	-0,15	2,28	7,79	2,68	-2,44	-0,21	9,23
Geom. mean	27,59	33,71	6,59	7,71	94,50	1,85	513,46	24,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coeff. var	3,50	1,07	1,36	2,57	1,29	32,70	46,57	88,94	188,52	115,51	114,89	88,92	266,98