

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y
Recursos Naturales



**“COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y BIOMASA DE LA
MEIOFAUNA INTERMAREAL DE SAN PEDRO DE
MANGLARALTO, ECUADOR”**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGA

Presentado por:

ANA BELÉN YÁNEZ SUÁREZ

Guayaquil – Ecuador

2015

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi mamá por todos estos años de apoyo y motivación; a la Doctora Alba Calles por su entrega, esfuerzo, y dedicación en su labor como maestra, y en particular por sus buenos consejos y por su ayuda en encaminarme al desarrollo de esta tesis; al profesor Fabrizio Marcillo por innumerables razones. Y sobre todo a Dios por haberme guiado a la certera decisión de estudiar Biología Marina mi pasión. Finalmente al Programa VLIR-ESPOL por la facilitación de las muestras para su respectivo análisis.

DEDICATORIA

Dedico enteramente esta tesis a mi amada y brillante madre Amparo Suárez, quien de seguro se siente aún más feliz que yo al verme culminar un escalón más en mis metas.

Feliz cumpleaños mami.

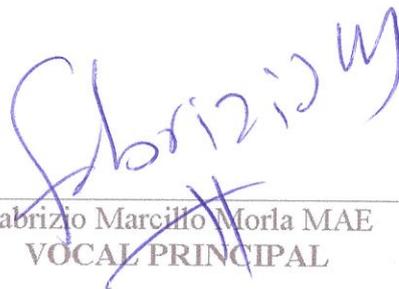
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ana Tirape Bajana Ph.D
PRESIDENTA



Alba Calles Procel Ph.D
DIRECTORA



Fabrizio Marcillo Morla MAE
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido
de esta Tesis de Grado
me corresponde exclusivamente;
y el patrimonio intelectual de la misma
a la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



Ana Belén Yáñez Suárez

RESUMEN

La meiofauna intermareal de la playa arenosa de San Pedro de Manglaralto en la costa ecuatoriana fue estudiada mensualmente desde julio del 2000 a junio del 2001, durante marea baja y luna llena, abarcando en este tiempo dos estaciones: seca y lluviosa, definidas en este estudio de acuerdo a los datos mensuales de precipitación. Parámetros ambientales adicionales como materia particulada suspendida (MPS), materia orgánica particulada (MOP), clorofila *a*, salinidad y temperatura superficial del mar fueron registrados. Se encontró que la meiofauna estuvo representada en su mayor parte por el phylum Nematoda, cuya composición fue mayoral 81% de la densidad total, a lo largo del año. Es importante recalcar que este trabajo muestra por primera vez para Ecuador, los cálculos de la biomasa de nematodos por ser el grupo más representativo de la meiofauna, permitiendo conocer la productividad de esta playa.

Se aplicaron análisis estadísticos paramétricos y no paramétricos tanto a la meiofauna total como a los nematodos. Para todos los casos se compararon los datos de densidad y biomasa en función de las estaciones y los parámetros ambientales queriendo comprobar la existencia de cambios estacionales en la composición, estructura y biomasa. Además se analizaron posibles correlaciones entre los parámetros ambientales

Los análisis mostraron que en general no existieron diferencias significativas entre los meses de lluvia y la estación seca, con respecto a la meiofauna total; sin embargo el índice

número de especies muy abundantes de Hill (N_2) y el índice de diversidad de Simpson mostraron diferencias significativas entre las dos estaciones debido a la alternancia de la dominancia de los géneros más abundantes del phylum Nematoda que fueron *Ceramonema* 21% , *Rhynchonema* 19%, *Daptonema* 17%, *Metachromadora* 10% y *Metadesmolaimus* 6%,. Además se encontraron correlaciones entre la clorofila *a* y MPS. Existe interacción directa inversamente proporcional entre dos familias con características diferentes como fueron Ceramonematidae y Xyalidae, a estas familias pertenecen los géneros *Ceramonema* y *Rhynchonema*, los mismas que mostraron una alternancia respecto a su densidad, contrario a los resultados de biomasa, puesto que *Ceramonema* es un espécimen de tamaño relativamente grande (921 micras en promedio) con elevado aporte porcentual a la biomasa, mientras que *Rhynchonema* es de menor tamaño (393 micras en promedio), y su aportación a la biomasa de la meiofauna es poco representativa.

Palabras claves: meiofauna, Nematoda, biomasa, Ecuador, zona intermareal.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ÍNDICE GENERAL	II
ÍNDICE DE FIGURAS.....	III
ÍNDICE DE TABLAS	IV
ÍNDICE DE ANEXOS	V
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	18
1.1. Clasificación bentos	20
1.1.1. Meiobentos	21
1.1.2. Biomasa de la meiofauna	24
1.2 Uso de la meiofauna en los estudios ecológicos	25
1.3 Objetivos.....	28
1.3.1 Objetivo general	28
1.3.2 Objetivos específicos	28
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
2.1 Descripción área de estudio	29
2.1.1 Geología regional y local	31
2.2 Metodología	31
2.2.1 Metodología de campo.....	32
2.2.1.1 Recolección de muestras	32

2.2.1.2 Sellado y etiquetado	33
2.2.2 Metodología de laboratorio	33
2.2.2.1 Decantación.....	33
2.2.2.2 Lavado	33
2.2.2.3 Centrifugado.....	34
2.3 Identificación de meiofauna	34
2.4 Preparación de placas de nematodos	36
2.5 Parámetros ambientales.....	36
2.6 Diversidad	38
2.7 Determinación de biomasa	41
2.8 Análisis estadístico	42
2.8.1 ANOVA densidad	43
2.8.2 ANOVA diversidad	43
2.8.3 ANOVA biomasa	44
2.9 Correlaciones.....	44
2.10 PRIMER Análisis.....	44
2.10.1 MDS	44
2.10.2 ANOSIM.....	45
2.10.3 SIMPER.....	45
2.10.4 Curva de <i>K</i> -dominancia y curva ABC	46
CAPÍTULO III. RESULTADOS	48
3.1 Factores ambientales	48

3.1.1 Pluviosidad.....	49
3.1.2 Temperatura superficial	50
3.1.3 Salinidad	50
3.1.4 Clorofila <i>a</i> y Materia orgánica particulada	51
3.1.5 Materia particulada suspendida	52
3.2 Composición de la meiofauna.....	52
3.3 Variabilidad estacional de la meiofauna	55
3.4 Estructura Poblacional	60
3.4.1 Diversidad.....	62
3.4.2 Uniformidad.....	64
3.4.3 Índice de Diversidad de Simpson	65
3.4.4 Números de Hill	66
3.4.5 Análisis de Curvas <i>K</i> -dominancia.....	67
3.5 Biomasa	69
3.6 Relación de la meiofauna con los factores ambientales	72
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN	73
CONCLUSIONES.....	77
RECOMENDACIONES	80
ANEXOS	82
BIBLIOGRAFÍA.....	90

ABREVIATURAS

ABC	Comparación Abundancia Biomasa (Comparison Abundance Biomass)
ANOSIM	Análisis de Similitudes (Analysis of Similarities)
ANOVA	Análisis de varianza (Analysis of Variance)
CENAIM	Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas
Chl <i>a</i>	Clorofila <i>a</i>
cm ²	centímetros cuadrados
D _{si}	Índice de Simpson
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
H'	Índice De Shannon
ind/10 cm ²	individuos por cada 10 centímetros cuadrados
µm	Micrómetros
MDS	Escalamiento multi-dimensional (Multi dimensional Scaling).
µg/10 cm ²	Microgramos por cada 10 centímetros cuadrados
mg/l	miligramos por litro
ml	Mililitro
mm	Milímetros
MOP	Materia Orgánica Particulada
MPS	Materia Particulada Suspendida
N ₀	Número Total de Especies
N ₁	Número de especies en términos de abundancia
N ₂	Número de especies en términos de dominancia
°C	Grados Centígrados
PRIMER	Rutinas de Plymouth en investigaciones ecológicas multivariadas (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research)
Prom	Promedio
rpm	Revoluciones por minuto
S _{ID}	Índice De Diversidad De Simpson
SIMPER	Porcentaje de similitudes (Percentage of Similarities)
SST	Temperatura Superficial del Mar (Sea Surface Temperature)
UPS	Unidades Prácticas de Salinidad

VLIR	Consejo Interuniversitario Flamenco (Vlaamse Interuniversitaire Raad)
L	Longitud total
D	Diámetro máximo
ENSO	El Niño Oscilación Sur (El Niño South Oscillation)
m	Metros
l	Litros
PFI	peso de filtro inicial
PFS	peso de filtro seco con muestra
PFC	peso de filtro calcinado
VM	volumen filtrado
CI	contenido de materia orgánica inicial

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dominancia de nematodos sobre otros phyla, como indicador de su abundancia relativa.	23
Figura 2. Algarrobo	30
Figura 3. Vuelo de parapente en San Pedro.....	30
Figura 4. Grafico hipotético de Comparación Abundancia- Biomasa	46
Figura 5. MDS de los factores ambientales para todos los meses del año.	48
Figura 6. Comparación de pluviosidad entre las estaciones seca y lluviosa en San Pedro de Manglaralto.....	49
Figura 7. Comparación de la temperatura superficial entre las estaciones seca y lluviosa en San Pedro de Manglaralto.....	50
Figura 8. Comparación de la salinidad en San Pedro de Manglaralto (línea central representa la mediana y los extremos los valores mínimos y máximos).	51
Figura 9. Correlación entre clorofila <i>a</i> y la materia orgánica particulada.	52
Figura 10. Distribución de la composición de la meiofauna de San Pedro de Manglaralto (Julio del 2000-Junio del 2001).....	54
Figura 11. Variación anual de los géneros dominantes de San Pedro de Manglaralto (ind./10 cm ²)	
Figura 12. MDS de la densidad mensual de meiofauna para cada estación (los valores fueron transformados a raíz cuadrada).	56
Figura 13. Análisis Cluster de las densidades de la meiofauna de San Pedro de Manglaralto (datos transformados a raíz cuadrada).....	57

Figura 14. Análisis de similitudes (ANOSIM) de la densidad de la meiofauna.	57
Figura 15. MDS de la densidad mensual de nematodos para cada estación (datos transformados a raíz cuadrada).	59
Figura 16. Análisis Cluster de las densidades a nivel de género del phylum Nematoda de acuerdo a su mes de muestreo.	59
Figura 17. Análisis de similitudes (ANOSIM) para densidad del phylum Nematoda.	60
Figura 18. Estructura de edades de los cuatro géneros más dominantes en cuanto a densidad	61
Figura 19. Relación de las dos principales familias de nematodos presentes en San Pedro de Manglaralto.	62
Figura 20. Promedio de la abundancia de individuos por 10cm ² . a: época seca, b: época lluviosa.	65
Figura 21. Comparación de N ₂ de Hill para los géneros de nematodos entre las estaciones seca y lluviosa.	67
Figura 22. Curva de K-dominancia para la meiofauna de San Pedro de Manglaralto, distribución de las densidades de la meiofauna por mes.	68
Figura 23. Curva de K-dominancia para los géneros del phylum Nematoda.	68
Figura 24. Aporte promedio de las especies a la abundancia a: estación seca, b: estación lluviosa	69
Figura 25. Curva ABC para nematodos	70
Figura 26. MDS para biomasa de los nematodos por cada mes de muestreo.	71

Figura 27. Análisis Cluster de la biomasa de nematodos por mes	71
Figura 28. ANOSIM para biomasa de nematodos	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.	Tabla I. Ventajas del uso de nematodos en el biomonitoreo.	26
Tabla II.	Composición promedio de la meiofauna en San Pedro de Manglaralto. .	53
Tabla III.	Índices de diversidad de la Meiofauna Total	63
Tabla IV.	Índices de diversidad de los nematodos.....	63
Tabla V.	Significancia estadística del ANOVA de índices de diversidad.	64
Tabla VI.	Valor p para la regresión lineal entre los factores ambientales y la densidad de Meiofauna y de los nematodos.	72

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A– GRÁFICOS DE FLUCTUACIÓN TEMPORAL DE LAS VARIABLES AMBIENTALES.....	83
ANEXO B–DENSIDAD DE LA MEIOFAUNA	84
ANEXO C – DENSIDAD NEMATODOS	85
ANEXO D - PORCENTAJE DE DENSIDAD MENSUAL DE NEMATODOS POR GÉNERO	86
ANEXO E - ORGANIZACIÓN TAXONÓMICA DE LOS NEMATODOS.....	87
ANEXO F - PORCENTAJE DE SIMILITUDES (SIMPER) PARA LA DENSIDAD DE MEIOFAUNA Y NEMATODOS.....	88
ANEXO G – BIOMASA Y DENSIDAD DE NEMATODOS	89

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El bentos está compuesto por el conjunto de organismos asociados al fondo de los cuerpos de agua [1]. Puede hallarse en variedad de ecosistemas desde zonas polares hasta playas tropicales. El Ecuador cuenta con una zona costera representada mayoritariamente por playas arenosas que son tomadas en cuenta para este tipo de investigaciones, puesto que generalmente son ricas en diversidad [2] y algunas son áreas de criadero de peces [3]

La asociación del bentos temporal o permanente con el sustrato se caracteriza por actividades de bioturbación, sedimentación, oxigenación y horadación. El bentos interactúa con otras especies, y es un componente básico en la cadena trófica, cumpliendo varios roles de acuerdo a su tamaño, hábitat y alimentación [4].

La materia orgánica generada por la producción primaria, que no es degradada en la columna de agua y llega al sedimento, pasa por una serie de procesos bentónicos para finalmente ser mineralizada o convertida en biomasa [5]. La meiofauna corresponde a

una fracción específica del bentos, cuyo tamaño está entre 44 y 500 μm , y que tiene una relevante importancia en el proceso antes mencionado. En las últimas décadas, el estudio de la meiofauna ha incrementado, siendo considerada en el sistema trófico bentónico, el equivalente al zooplancton en el sistema pelágico [6]

El estudio del aporte de la meiofauna a la cadena trófica, es útil para responder interrogantes relacionadas a la transferencia de biomasa y energía dentro de estos complejos ecosistemas. La meiofauna puede verse afectada de diversas formas, debido a alteraciones en la zona marina donde se encuentre, dependiendo de la intensidad y el tipo de perturbación, la fauna puede variar. [7].

El sitio de estudio para la presente investigación fue la playa arenosa de San Pedro de Manglaralto, que es ampliamente explotada por la pesca artesanal, por ser un sitio tradicionalmente productivo[8] y está situada justo frente al Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM). En esta playa se han realizado estudios previos sobre el bentos, biodiversidad de la meiofauna [9], Hiperbentos [10] y Macrofauna [11]. Uno de estos estudios reveló que la precipitación tiene una correlación con la composición de las especies de nematodos, que corresponden al phylum más abundante dentro de la meiofauna[9].

Cabe mencionar que para determinar la función ecosistémica de la meiofauna es importante realizar una línea base sobre la cantidad de biomasa que la meiofauna

aporta al ecosistema, y ésta sería la primera investigación reportada en el Ecuador. Adicionalmente se comparará las correlaciones que puedan existir entre biomasa y periodo estacional seco y lluvioso.

Este trabajo pretende comprobar si existen diferencias en términos de la composición, estructura y biomasa de la meiofauna intermareal de San Pedro de Manglaralto, entre las dos estaciones (lluviosa y seca), influenciadas por la fluctuación de parámetros bióticos y abióticos, tomando en cuenta que el muestreo fue realizado durante un evento ENSO, lo que vuelve particularmente interesante este estudio para futuras comparaciones.

1.1. Clasificación bentos

El bentos comprende el conjunto de organismos que habitan o se encuentran asociados al fondo de las masas de agua [1], éstos aportan una cantidad relativamente importante de biomasa al suelo. El bentos tiene un papel fundamental en los procesos primarios, y los ciclos biogeoquímicos, pues está vinculada al reciclamiento de compuestos en la interfase agua sedimento [12].

A esta comunidad se la puede clasificar de varias formas, una de ellas diferencia el fitobentos del zoobentos. Alzoobentos se lo puede clasificar a su vez por su posición relativa a la interfase suelo-agua como:

- **Hiperbentos:** Son los organismos que habitan la capa de agua más próxima al fondo y tienen buena capacidad de nado. Dentro de este grupo tenemos holohiperbentos son aquellos que forman parte de esta clasificación durante toda su vida y el merobentos que solo pertenece a esta clasificación durante sus estadios juveniles[13]
- **Epibentos:** Son los que viven en la superficie del sustrato[1], como las estrellas de mar, erizos, langostas, tunicados, etc. Pueden ocupar agujeros o canales, aunque algunos se unen a la superficie del sustrato por medio de ventosas o estructuras específicas[14].
- **Endobentos:** Son los organismos que habitan en el interior del sustrato, aprovechando los espacios intersticiales, tienen movilidad limitada [1][12].

De acuerdo a su tamaño se los puede clasificar en: macrobentos con talla mayor a $500\mu\text{m}$, meiobentos de tamaño inferior a $500\mu\text{m}$ y superior a $44\mu\text{m}$, y microbentos de tamaño menor a $44\mu\text{m}$.

1. 1. 1. Meiobentos

El término meiobentos, fue definido para distinguir a los organismos de tamaño inferior al macrobentos, y mayor al microbentos[15]. Habita en los espacios intersticiales del sedimento.

Los términos meiofauna y meiobentos son utilizados en esta investigación como sinónimos.

Formalmente el tamaño de la meiofauna se define en función de un estándar de ancho de malla del tamiz entre 44µm y 500 µm, todos los organismos atrapados en el tamiz durante el cribado pertenecen a la meiofauna. [16][17].

Dentro de la meiofauna existen organismos permanentes (aquellos que pasan toda su ciclo vital siendo meiofauna) y organismos temporales, (pertenecen a la meiofauna solo durante sus estadios juveniles)[16]. Los phyla exclusivamente meio bentónicos son: Tardígrada, Gastrotricha, Gnathostomulida, Kinorhyncha, Loricifera[18]. Otros grupos: Nematoda, Hydrozoa, Nemertina, Entoprocta, Gastrópoda, Aplacófora, Branchiopoda, Holothuroidea, Tunicata, Priapulida, Sipunculida, Turbellaria, Oligochaeta, Polychaeta, Artrópoda , Ostracoda, Mystacocarida y Halacaroidea, [18]

Dentro de la meiofauna el phylum Nematoda, es el que predomina. El 80-90% de los individuos y el 50 a 90% de la biomasa del meio bentos usualmente corresponde a nematodos [16]. En la Figura 1, podemos apreciar la composición relativa de varios phyla del meio bentos en dos estudios diferentes.

Los nematodos suelen ser el grupo más estudiado dentro de la meiofauna por su utilidad como bioindicador, debido a su corto tiempo de generación, alta diversidad de especies, alta abundancia, desarrollo bentónico directo y distribución ubicua en los

sedimentos marinos (costera, litoral, oceánica, estuarina, generación de nutrientes y degradación de contaminantes [7].

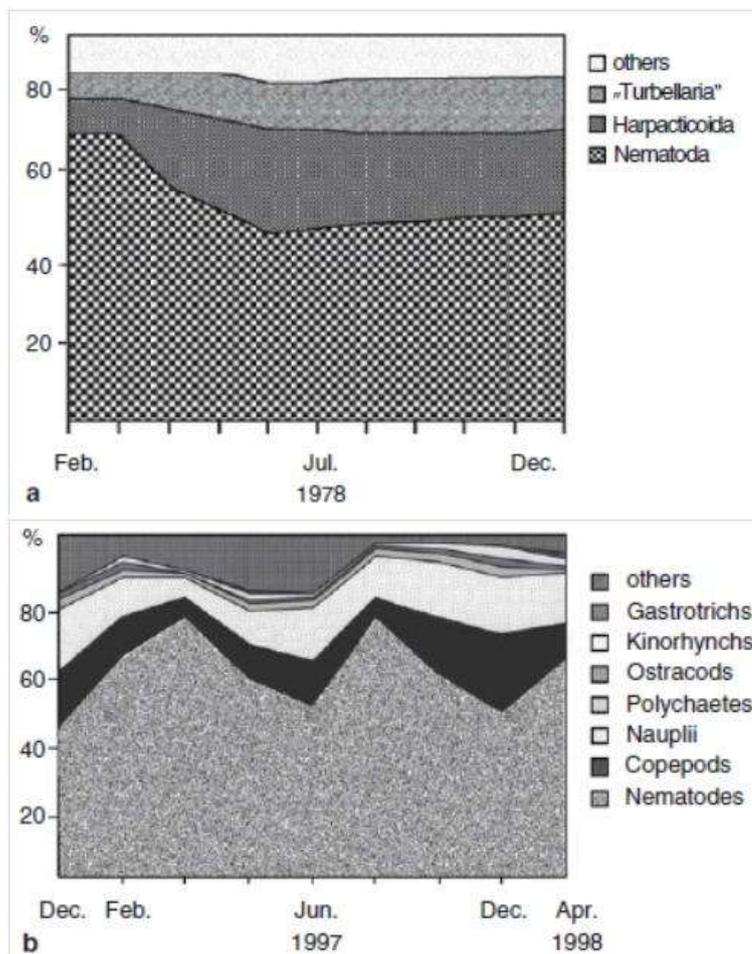


Figura 1. Dominancia de nematodos sobre otros phyla, como indicador de su abundancia relativa.

Fuente: a:[19]; b:[20]

Para el uso de los nematodos como bioindicador y para comparación entre estrategias k y r, hay que tomar en cuenta su clasificación. Los nematodos se dividen en 2 grupos y 4 categorías tróficas basadas en la estructura de su cavidad bucal, a saber:

Grupo 1: Cavidad bucal sin dientes. 1A y 1B

Nivel trófico 1A: Alimentadores de depósito selectivo, nematodos con cavidad bucal pequeña o ausente.

Nivel trófico 1B: Alimentadores de depósito no selectivo, nematodos con cavidad bucal de tamaño moderado.

Grupo 2: Cavidad bucal con dientes. 2A y 2B.

Nivel trófico 2A: Alimentadores de epistrato nematodos con cavidad bucal pequeña a mediana y dientes pequeños.

Nivel trófico 2B: Predadores.

1. 1. 2. Biomasa de la meiofauna

En general, en las zonas costeras, la biomasa de la meiofauna es menor que la de la macrofauna, aunque estudios de Gerlach [21] reportan que la biomasa de aguas salobres en zonas intermareales o en el mar profundo, puede alcanzar la misma magnitud que el macrobentos [21].

La meiofauna tiene un requerimiento metabólico (respiración y producción secundaria) mucho mayor que la macrofauna, debido a su alta tasa de renovación, especialmente en aquellas poblaciones donde la razón de la biomasa MACROBENTOS: MEIOBENTOS es de 5:1 o menor. Es así como las poblaciones de meiofauna tendrían una importancia ecológica mucho más alta, que una cantidad igual de biomasa de macrofauna [21], pues cumplen un rol proporcionalmente mayor

en la transferencia de energía [22]. Pese a esto, la mayoría de estudios ecológicos se han enfocado tradicionalmente en la macrofauna.

La contribución del meiobentos al flujo de energía a través del ecosistema bentónico y sus relaciones con otros elementos de la fauna, se pueden evaluar midiendo su densidad de población (abundancia, biomasa) y la producción. La determinación de la biomasa nos permite tener una idea de la magnitud de los servicios ecosistémicos que cumple la meiofauna.

1.2 Uso de la meiofauna en los estudios ecológicos

La meiofauna tiene actividad bioperturbadora, promoviendo la descomposición de estructuras biogénicas y la liberación de carbono orgánico disuelto, promoviendo el crecimiento bacteriano y la generación de nutrientes [23], [24], [25], [26]. Estos organismos cumplen con la función de convertir a biomasa porcentajes importantes de materia orgánica y generar nutrientes[22],[27].

La meiofauna es de un gran provecho ambiental. Las playas son como filtros a los que el mar arroja constantemente biomasa: algas, plancton, bacterias y otros organismos y sustancias, gran parte de ellos perjudiciales para el ser humano. Además, los excrementos de gaviotas y otros animales liberan en las playas abundantes parásitos. Las especies componentes de la meiofauna se encargan de consumir y depurar todo esto pues constituye su alimento.

También son excelentes bioindicadores de contaminación, ya que perciben cualquier cambio en las variables ambientales de los ecosistemas marino y terrestre. Por último, su papel en el conjunto de la pirámide ecológica es esencial. La meiofauna se encuentra en la base de la cadena trófica, y una alteración en sus poblaciones tendría consecuencias imprevisibles en los eslabones superiores de dicha cadena[7].

El phylum Nematoda es el más abundante dentro de la meiofauna, y cuenta con varias características favorables (Tabla I), para ser usado como bioindicador de la calidad ambiental [28], [29], por su heterogeneidad, y por el hecho de que ocupan diversas posiciones dentro de la cadena alimenticia béntica.

Viven en cualquier hábitat desde prístino hasta muy contaminado, bajo cualquier tipo de condiciones climáticas y aportan carbono orgánico.
Su cutícula permeable provee contacto directo con su medio ambiente.
Algunas especies sobreviven a condiciones estresantes como deshidratación, congelación o disminución de oxígeno.
La estructura de la comunidad es un bioindicador de las condiciones del sustrato.
Ocupan una posición clave en las redes tróficas del suelo. Ellos se alimentan de la mayoría de organismos del sedimento y sirven de alimento para muchos otros.
Su cubierta es trasparente lo que permite identificarlos sin necesidad de químicos.
Hay una relación evidente entre su estructura y su función: Su tipo de alimentación es fácil de deducir con tan solo ver la estructura de su cavidad bucal y faringe.
Tienen corto tiempo de generación y alta densidad permite a las poblaciones de nematodos tener una respuesta rápida si hay alteraciones en la naturaleza de su suministro de alimentos.
Responden rápidamente a las perturbaciones y al incremento de nutrientes, por ejemplo: el aumento en la actividad microbiana conduce a cambios en la proporción de nematodos que se alimentan de bacterias en la comunidad.

Tabla I. Tabla I. Ventajas del uso de nematodos en el biomonitoreo.
Fuente: [30]

Estudios previos en las playas arenosas del Ecuador, detectaron correlaciones entre la precipitación y la composición de la especie de nematodo *Daptonema sp.*, la misma que puede ser considerada como un bioindicador para el exceso de precipitación [9].

Bogers [31] propuso el Índice de Madurez que es un indicador de las condiciones de ecosistemas del sustrato. Específicamente desarrollado para las familias de nematodos, es de gran utilidad para el uso de los nematodos como bioindicadores (basados en cambios en diversidad o patrones de dominancia) que pueden indicar perturbaciones y contaminación del medio. El índice clasifica a los nematodos en una escala del 1 al 5, el 1 para colonizadores y 5 para persistentes, según vayan cumpliendo en mayor o menor grado con las características de cada grupo.

Los colonizadores tienen características de estrategias “r”, tienen corto ciclo de vida, alta habilidad de colonización, gran rango de tolerancia a perturbaciones en el ambiente como pueden ser eutrofización, cambios en la concentración de oxígeno; suelen ser más numerosos y muestran grandes fluctuaciones en las densidades, ponen muchos huevos.

Los persistentes se asemejan a las estrategias “k” muestran baja habilidad de colonización y escasa resistencia a perturbaciones del medio, larga esperanza de vida, baja reproducción, mayor tamaño. Bogers desarrolló una tabla en donde asigna una

clasificación del uno al cinco, a varias familias de nematodos de vida libre, en función del índice Madurez[32]. Esta clasificación será utilizada en este estudio.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar la variabilidad interestacional (estación seca versus lluviosa), de la meiofauna intermareal de San Pedro de Manglaralto, por medio de su densidad, diversidad y biomasa.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Estimarla biomasa del phylum Nematoda por el método indirecto.
2. Determinar la diversidad con el uso de índices.
3. Analizar posibles diferencias temporales en términos de estructura, composición y biomasa.
4. Correlacionar parámetros ambientales con la densidad y biomasa de la meiofauna.

CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Descripción área de estudio

San Pedro de Manglaralto es una comunidad ubicada al norte de la península de Santa Elena, perteneciente a la parroquia de Manglaralto de la provincia de Santa Elena. Se encuentra en una zona especial de Manejo denominada “San Pedro-Valdivia-Manglaralto”. Al sur de la población, al pie de la playa, se localiza el Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM).

La zona de muestreo estuvo ubicada en el límite sur del CENAIM(1°56'30" paralelo Sur y 80°43'30" meridiano Oeste).

Se caracteriza por ser un lugar tranquilo donde se pueden apreciar diversidad de fauna como pelícanos, gaviotas, crustáceos, almejas y conchas. Especies vegetales como cocoteros, arbóreas, matorrales y algarrobos (Figura 2). La estación de muestreo forma parte de una ensenada denominada San Pedro – Montañita, que presenta una concavidad con orientación Suroeste – Noroeste. Sitio que permite

admirar el paisaje único de esta playa, y además allí se puede realizar parapente (Figura 3).



Figura 2. Algarrobo
Fuente: Autor

La playa tiene un régimen mesomareal semidiurno con un rango de marea entre 2 y 2.4 m. Los procesos y la morfología de esta playa natural son influenciados por el régimen de olas y mareas[33].

Su forma física se debe a la acción de procesos marinos y terrestres: olas vientos y corrientes contribuyen a la erosión, transportación y acreción del sedimento[34].



Figura 3. Vuelo de parapente en San Pedro
Fuente: Autor

2.1.1 Geología regional y local

Al sur de la playa se observa el acantilado de San Antonio, que es la formación más relevante alcanza los 40 m de altura. Está constituido por la formación Tablazo del período Cuaternario, con areniscas y conglomerados potencialmente erosionables por el oleaje y el viento[35].

Según Ruiz [10], este acantilado es una de las fuentes de sedimento para la playa, puesto que piedras de la formación rocosa que conforma la punta de san Antonio que penetra en el agua son arrastradas hacia la playa en diferentes épocas del año[35].

La playa pertenece a una costa tipo B de la clasificación de Ottman [36], formada por deposición marina en la que las olas y la acción de las corrientes traen materiales marinos.

2.2 Metodología

La presente investigación se realizó con las muestras recolectadas durante el Programa VLIR-ESPOL (fase 1), que fue un convenio entre el consejo de universidades flamencas de Bélgica y la ESPOL. En el presente trabajo se hace énfasis en la determinación y comparación de la biomasa a partir de las muestras de la meiofauna del proyecto 4, pues este estudio nunca antes se ha realizado en Ecuador.

Este estudio se realizó con las muestras colectadas en el muestreo mensual de la playa de San Pedro de Manglaralto, realizado desde julio del 2000 hasta junio del 2001,

durante luna llena y marea baja. En cada muestreo se tomaron tres réplicas, las mismas que pasaron por los procedimientos de laboratorio que se detallan más adelante.

Adicionalmente se registraron datos de temperatura superficial y salinidad del mar de la Estación Oceanográfica El Pelado, punto cercano al sitio de muestreo. El CENAIM proporcionó los datos de pluviosidad.

2.2.1 Metodología de campo

La metodología de campo consta de la recolección de muestras sellado y etiquetado

2.2.1.1 Recolección de muestras

El muestreo se realizó en la zona intermareal, durante marea baja y luna llena. Para el efecto se usaron handcores plásticos de 3.6 cm de diámetro, que fueron enterrados en la arena a 10 cm de profundidad. La densidad total se expresa en el número de individuos por cada 10cm² (ind/10 cm²)

Para la recolección se enterró el core, se tapó el orificio superior, para evitar que el sedimento se escape, entonces se lo extrajo con suavidad y se destapó para depositarlo en recipientes plásticos de 250ml. A continuación se fijó la muestra con formol al 4%, el mismo que previamente fue calentado hasta los 60 °C, para evitar que organismos de la meiofauna especialmente los nematodos se enrollen.

Se procuró no pisar o perturbar el área donde se extrajeron las muestras y se introdujo el tubo con movimientos giratorios para que este no se rompa.

2.2.1.2 Sellado y etiquetado

Luego de fijar la muestra, se procedió a tapar y a sellar el frasco con cinta adhesiva. A continuación se etiquetó la muestra con fecha y estación.

2.2.2 Metodología de laboratorio

Los pasos de la metodología de laboratorio fueron:

Decantación, Lavado, Centrifugado, Conteo de Meiofauna, Preparación de soluciones, Separación de Nematodos, Preparación de placas, Identificación y Medición de Biomasa de nematodos.

2.2.2.1 Decantación

Las muestras fueron enjuagadas con agua dulce filtrada incluyendo el frasco y la tapa de este para asegurarse de no perder muestra. Luego se decantó la muestra en un tamiz de 1mm para excluir la macrofauna, de manera que se obtuvo la arena y organismos de tamaño inferior a 1mm lo que incluyó al meiobentos.

2.2.2.2 Lavado

La muestra de arena (conteniendo la meiofauna) se colocó cuidadosamente en una jarra de 5 lt. Se abre el grifo para que el chorro de agua forme un movimiento constante (cuidando que no se riegue), logrando que los nematodos queden libres de los granos de arena. Se dejó reposar por 10 segundos, hasta que el sedimento llegue al

fondo de la jarra. A continuación el sobrenadante se hace pasar por el tamiz de 38 μm . Se repite el proceso 10 veces.

2.2.2.3 Centrifugado

El material retenido en el tamiz de 38 μm se recoge cuidadosamente con una pizeta, colocándolo en los frascos de la centrífuga. Se agrega ludox HS 40 (densidad de 1.18) en una proporción de 50% respectivamente. Se centrifuga a una velocidad de 3600 rpm, por 10 minutos. El sobrenadante se recolecta en frascos de 100 ml, se preserva con formol al 4% y se etiqueta la muestra. Se repite el proceso tres veces.

2.3 Identificación de meiofauna

Previo a la identificación, se tiñe la muestra con al menos 5 gotas de rosa de bengala al 1% y se deja reposar por 24 horas. Se tomó la muestra teñida y se vierte sobre el tamiz de 38 μm , se lava bajo el grifo de agua para eliminar el formol.

Para el conteo de meiofauna se coloca el sobrenadante en una caja de conteo con gradillas de 10x10, bajo un estereomicroscopio en un aumento de 3x y se inició el análisis recorriendo cada cuadrícula, e identificando a nivel del taxón más alto (Phylum, Clase, Orden o Familia). Una vez analizadas las muestras se las guardó nuevamente en formol al 4%.

Los nematodos fueron separados del resto de la meiofauna y colocados en porta objetos mediante técnicas de montaje, 200 nematodos fueron tomados aleatoriamente

y colocados en una cavidad de vidrio y fueron lavados dos veces en agua de grifo. Los nematodos fueron transferidos a una solución de glicerol mediante la técnica de Grisse. Se preparó 100 ml de cada solución.

Solución I: 99 ml de formolal 4% + 1 ml de glicerina

Solución II: 95 ml de etanol al 96% +5 ml de glicerina

Solución III: 50 ml de etanol al 96%+ 50 ml de glicerina

1. Se añaden de 4 a 5 gotas de la solución I a la cavidad de vidrio, la misma que es colocada en un desecador dentro de un horno a 40°C durante toda la noche. Se llena el desecador con etanol al 96%, logrando que el alcohol se introduzca lentamente hacia la solución I que está en el bloque de vidrio, esto hará que el formol se elimine de la muestra.
2. Al día siguiente se añaden de 3 a 4 gotas de la solución II, cada 2 horas. Se cubre la cavidad de vidrio de forma parcial, todo esto se mantiene en el desecador a 40°C.
3. Se añade solución III al bloque de vidrio, cada 2 horas en un total de 4 repeticiones (a lo largo de 8 horas aproximadamente), manteniéndolo parcialmente abierto dentro del desecador a 40°C, durante 24 horas. Al final el alcohol se evapora y los nematodos permanecen en glicerol.

Preparación de placas de nematodos

Se utiliza un portaobjetos sobre el cual se forma un anillo de parafina usando un tubo de cobre caliente, se agrega una gota de glicerina en la parte central del anillo de parafina. Se colocan 5 nematodos por placa sobre la gota de glicerina, se coloca un cubre objetos y se hace pasar la placa sobre una platina caliente. La parafina es derretida, se pone a enfriar la placa de modo tal que los nematodos estén fijos a la preparación para ser observados, identificados y registrados en bitácoras, etiquetando cada placa por fecha y por réplica.

Índice de Bogers

A los nematodos identificados se los organizó taxonómicamente desde clase hasta género, para poder investigar correlaciones. Además se estudiaron las familias encontradas para determinar a qué clasificación dentro del índice de Bogers pertenecían (1-colonizadores, 5- permanentes) y de esta manera se pudieron hacer inferencias acerca del estado de perturbación del sitio de muestreo San Pedro de Manglaralto.

2.5 Parámetros ambientales

Los parámetros ambientales tomados en cuenta en el presente estudio fueron: salinidad, pluviosidad, temperatura, clorofila *a* (Chl *a*), materia orgánica particulada (MOP) y materia particulada suspendida (MPS).

Los datos de temperatura superficial y salinidad fueron proporcionados por la Estación Oceanográfica El Pelado (01°55'53'' S, 80°46'55'' W), y los datos de pluviosidad por el CENAIM-ESPOL[9].

Para determinar la materia particulada suspendida (MPS), y la materia orgánica particulada (MOP) se utilizaron filtros de Whatman GF/C44mm, 1.2 μm , que fueron secados previamente a 60° C por 2 horas y después pesados. *In situ* se hizo pasar las muestras de agua a través de los filtros, que luego se guardó envuelto en papel aluminio y se lo congeló a -18°C para conservarla hasta el análisis en el laboratorio. Se midió la MPS por medio de la diferencia de pesos, cada filtro fue secado por 24 horas a 60°C. Posteriormente el mismo filtro era quemado a 550°C por dos horas y luego se pesó de nuevo para determinar el contenido de MOP.

Se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\text{MPS} = (\text{PFS} - \text{PFI}) / \text{VM}$$

$$\text{MOP} = (\text{PFS} - \text{PFC} - \text{CI}) / \text{VM}$$

PFI es el peso del filtro inicial, PFS es el peso del filtro seco con la muestra,

PFC es el peso del filtro calcinado, VM el volumen filtrado de la muestra

CI contenido de materia orgánica inicial (se obtiene este valor como el promedio de peso de filtros sin muestra calcinados)

Para la medición de la clorofila *a* se tomaron muestras de agua, y se las pasó por filtros Whatman GF/C, y luego se obtuvieron los valores por extracción de pigmentos con acetona, y análisis espectrofotométrico [37].

2.6 Diversidad

La diversidad se define como la variabilidad entre organismos [38], lo que comprende todas las escalas biológicas, desde variabilidad en el contenido genético, la variabilidad entre el conjunto de especies que integran familias poblaciones comunidades, hasta la variedad entre el conjunto de comunidades que conforman un ecosistema [39], [40], [38], [41], [42]

En este estudio se analizará la diversidad de los géneros del phylum Nematoda. La diversidad consta de dos componentes la riqueza de especies que es el número de especies presentes en la comunidad y se lo representa con la letra “S”, y la equidad que es la distribución de la abundancia (de individuos, biomasa, etc.) entre las especies. Para expresar estos dos conceptos en un solo valor se utilizan diferentes índices de diversidad, en este estudio se utilizaran el índice de diversidad de Simpson, y los números de Hill.

El índice de Simpson[43] fue el primero utilizado en estudios ecológicos expresado con la siguiente fórmula

$$D_{Si} = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Donde P_i = abundancia proporcional de la i ésima especie; representa la probabilidad de que un individuo de la especie i , esté presente en la muestra, siendo la sumatoria de P_i igual a 1.

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Donde n_i es el número de individuos de la especie i , N es número total de individuos para todas las S especies en la comunidad. Este índice estima la probabilidad de encontrar dos individuos de la misma especie en dos extracciones seguidas al azar, siendo necesaria una transformación de la ecuación para obtener una correlación positiva con respecto a la diversidad.

Se la conoce como índice de diversidad de Simpson.

$$Si_D = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2 = 1 - D_{Si}$$

Donde Si_D es el símbolo de índice de diversidad de Simpson, este valor refleja la probabilidad de encontrar dos especies diferentes en dos extracciones sucesivas al azar. Da mayor importancia a las especies dominantes y subestima las especies raras, sus valores están entre '0' (baja diversidad) y un máximo de $[1 - 1/S]$.

El índice de Shannon (H')[44], es el de mayor empleo en los estudios ecológicos.

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i \times \ln p_i)$$

El índice de Shannon, estima la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de una colección. Mide el grado promedio de incertidumbre para predecir a qué especie pertenecerá un organismo elegido al azar de una muestra de S especies y N individuos. Toma valores entre 0 cuando hay baja uniformidad y $\ln S$ cuando la uniformidad es alta.

Hay varias dificultades cuando se trata de comparar diferentes índices de diversidad, debido entre otras razones a que sus unidades difieren como en el caso de los dos índices mencionados en los párrafos anteriores. El índice de Simpson no posee unidades, y el índice Shannon tiene diferentes unidades dependiendo de la base logarítmica que se use. Debido a estas razones se usan los números de diversidad de Hill, que corresponden a transformaciones en los números de diversidad Simpson y de Shannon[45].

Número 0: $N_0 = S$ donde S es el número de especies,

Número 1: $N_1 = e^{H'}$ donde H' = índice de Shannon (en este caso calculado con logaritmos naturales),

Número 2: $N_2 = 1/D_{Si}$, donde D_{Si} es el índice de Simpson.

Estos números sirven para calcular el número efectivo de especies en una muestra, tienen como unidad “números de especies”, miden el número efectivo de especies cuando cada especie es ponderada por su abundancia relativa. N_0 es el ‘número de total de especies’; N_1 es el ‘número de las especies abundantes’ y N_2 es el ‘número de las especies muy abundantes’ (en la muestra). Cada especie es ponderada por su abundancia ($N_0 > N_1 > N_2$) [45], [46].

2.7 Determinación de biomasa

Para el estudio de la biomasa de la meiofauna se tomó en cuenta el Phylum Nematoda. Para la determinación de la biomasa se utilizó una réplica de cada uno de los muestreos mensuales desde julio 2000 a junio 2001. Se utilizó un microscopio con una cámara lúcida adaptada a este que permitió observar a cada nematodo y dibujar una línea que pasaba a lo largo de todo su cuerpo, obteniendo su longitud; y una segunda línea horizontal que correspondía al ancho del organismo. Posteriormente se midieron las líneas con un curvímeter digital, calibrado en mm, que luego fueron convertidos a μm . Este procedimiento se aplicó a 100 organismos por cada mes. En total 1200 nematodos fueron medidos.

Se calculó la biomasa de nematodos mediante el método indirecto. Se usó la fórmula de Andrassy [47], [48]:

$$W = (L * D^2) / (1,6 * 10^6)$$

En donde:

W es el peso fresco (μg) por individuo,

L es la longitud total (μm) y

D es el diámetro máximo del cuerpo (μm).

Se asumió una relación de peso seco peso húmedo de 0.25 valor tradicionalmente usado para el en trabajos sobre meiofauna[49], [50], [51], [52], [53].

Una vez calculada la biomasa de cada nematodo, se la sumó para obtener el total de biomasa de individuos que se midieron de cada muestra. La cantidad obtenida se dividió para cien, para así obtener la biomasa promedio por individuo y este valor se multiplicó por el número total de individuos en la muestra. De esta manera se determinó la biomasa por cada 10cm^2 .

2.8 Análisis estadístico

Para el análisis de varianzas, diagramas de intervalos de confianza, diagramas de cajas, diagramas de dispersión, correlaciones, y regresiones se utilizó el software STATISTICA versión 7. Se consideró un valor de $\alpha = 0.05$, y 95 % de confianza. Para el análisis número de especies (N_0 de Hill), se realizó una transformación de raíz cuadrada antes del análisis de varianza[54].

Para los análisis MDS, ANOSIM, SIMPER, índices de diversidad y otros cálculos multivariados se utilizó el software PRIMER (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research) Versión 6.0.

2.8.1 ANOVA densidad

Se realizó un análisis de varianza de una vía, para determinar si había diferencias en la media de densidad, entre las estaciones. Se consideró como réplicas a las medidas de densidad (en individuos por cada 10 cm²) para cada mes, con ocho réplicas para la estación seca (mayo a diciembre) y cuatro réplicas para la estación lluviosa (enero a abril).

Siendo el phylum Nematoda el más representativo de la comunidad de meiofauna, se realizó también un análisis en particular a este taxón, y el resto de los análisis se concentraron en el mismo.

2.8.2 ANOVA diversidad

Se calculó los siguientes índices de diversidad, tanto para meiofauna total, como para nematodos:

- Índice de Simpson (D_{Si})
- Índice de diversidad Simpson ($S_{iD} = 1 - D_{Si}$)
- Índice de Shannon (H'), con logaritmo base e
- Números de Hill ($N_0 = S$; $N_1 = e^{H'}$; $N_2 = 1 / D_{Si}$)

Se realizó un análisis de varianza de una vía para cada uno de estos índices, tanto para meiofauna total, como para los nematodos.

2.8.3 ANOVA biomasa

Para comparar el efecto de estacionalidad en la biomasa de nematodos, se utilizó un análisis de varianza de una vía, en donde los factores comparados fueron los periodos del año (seco/lluvioso), usando todas las réplicas mensuales, siendo ocho para la estación seca, y cuatro para la lluviosa.

2.9 Correlaciones

Para analizar si existía relación entre la biomasa y densidad tanto de la meiofauna total como de los nematodos con las variables ambientales, se realizaron regresiones lineales para cada combinación.

2.10 Primer Análisis

Rutinas de Plymouth en la investigación ecológica multivariada 6 (PRIMER 6), es un software desarrollado para el estudio de la estructura de las comunidades, y en esta investigación fue usado para realizar los análisis MDS, ANOSIM, SIMPER y *K*-dominancia, y curva ABC.

2.10.1 MDS

Para la elaboración del escalamiento multidimensional no métrico (MDS), se realizó una transformación por raíz cuadrada a los datos de densidad de nematodos, y densidad total de meiofauna, luego de lo cual se elaboró una matriz de similitud Bray-Curtis, para determinar la similitud entre meses. Sobre estas matrices de similitud se

elaboró tanto el MDS, como los dendogramas para el análisis de conglomerados (análisis Cluster). También se aplicó para la biomasa de nematodos.

2.10.2 ANOSIM

El análisis de similitud ANOSIM fue aplicado para comparar la fuerza del efecto de cada estación en la densidad y la biomasa. Para realizar el mismo se utilizó las matrices de similitud de biomasa y abundancia, generadas para el análisis MDS.

Se evaluó el valor de R (fuerza del efecto de la estación) y la significancia (p).

El valor de R es un estadístico de prueba que relaciona las diferencias observadas entre las estaciones con las diferencias observadas dentro de cada estación[54]. Este valor puede ir desde -1 a +1. Un valor de R=1 representaría que todos los meses de cada estación son más similares entre ellos que con cualquiera de los meses de la otra estación, con lo cual las estaciones serían totalmente distintas. Un valor de R=0 significa que hay igual variabilidad dentro de estaciones que entre las estaciones, lo cual indicaría que no hay diferencias significativas entre ellas. Un R menor que cero indica que hay mayores diferencias dentro de las estaciones que entre las estaciones

2.10.3 SIMPER

El SIMPER o porcentaje de similitudes identifica los principales phyla, géneros, o especies que brindan la discriminación entre dos grupos de muestras observadas. En este estudio se utilizó para identificar los grupos a nivel de phylum de la meiofauna, y los géneros del phylum Nematoda que proveen la discriminación entre las estaciones

del año. Es decir permitió identificar el porcentaje de aportación de cada taxón, a la similitud dentro de cada estación, y a las disimilitudes entre estaciones.

2.10.4 Curva de *K*-dominancia y curva ABC

Se utilizaron las curvas de *K*-dominancia para presentar las abundancias de los phyla de la meiofauna y de los nematodos en un formato de rango por mes. Y así poder observar si existen diferencias de estacionalidad en la distribución relativa de las abundancias de los géneros. En este método las curvas más elevadas representan una composición menos diversa[54].

Curva ABC (Comparación Abundancia Biomasa): esta curva fué utilizada para hacer comparaciones entre los nematodos. En este caso permitió comparar en los mismos términos la distribución de la biomasa entre los géneros y la distribución de las abundancias entre los géneros.

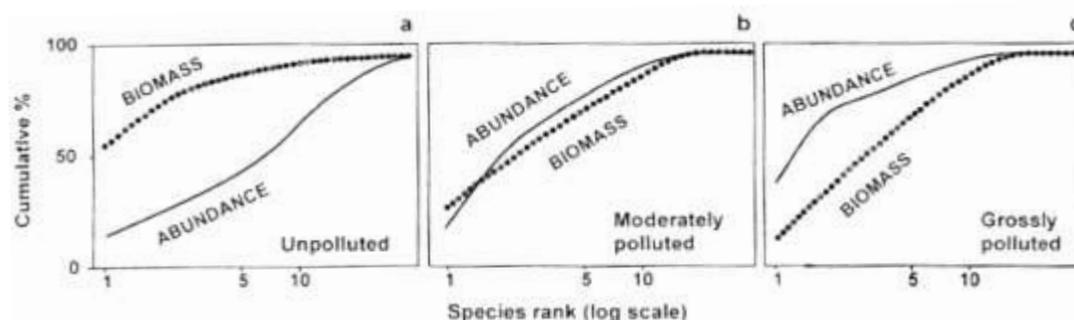


Figura 4. Gráfico hipotético de Comparación Abundancia- Biomasa
a. forma típica para un entorno sin contaminación, *b.* forma típica para un entorno moderadamente contaminado, *c.* figura típica de un entorno muy contaminado
Fuente:[54]

Como cada variable tiene diferente unidad de medición $\mu\text{g}/10\text{cm}^2$ e $\text{Ind}/10\text{cm}^2$ respectivamente no es posible compararlas utilizando los índices de diversidad.

La curva ABC (Comparación Abundancia, Biomasa,) es útil, para la determinación de niveles de perturbación[54]. [46]

Las especies son ordenadas con base en su importancia en términos de biomasa o abundancia respectivamente en un mismo gráfico, como se observa en la Figura 4. Este método se base en las diferencias que existen entre los estrategas k y los estrategas r. En general cuando las condiciones son estables los organismos dominantes en las comunidades serán los estrategas k que son especies conservativas cuyo tamaño corporal es mayor y tienen larga expectativa de vida, estos dominan en términos de biomasa pero no en términos de número de individuos es decir no en abundancia. Los estrategas r u oportunista tiene corta esperanza de vida y tamaño corporal pequeño, son numéricamente más abundantes pero no representa un gran proporción de la biomasa en las comunidades[54]. Cuando existe perturbación los estrategas k tienden a disminuir, y los oportunistas a menudo se convierten en los más dominantes a nivel numérico y pueden llegar a dominar en biomasa [54].

Bajo condiciones de estrés la distribución del número de individuos entre taxas se comporta diferente a la distribución de la biomasa entre taxas. Así cuando existe mayor biomasa que abundancia significa que no existe perturbación, si hay igual abundancia y biomasa se dice que la perturbación es moderada, pero si la abundancia es superior a la biomasa significa que hay mucha perturbación[55].

CAPÍTULO III RESULTADOS

3.1 Factores ambientales

Se consideraron 8 meses para la estación seca: de julio a diciembre del 2000, y de mayo a junio del 2001; y 4 meses para la estación lluviosa: de enero a abril. En el **Anexo A** se presentan los gráficos de la fluctuación de los parámetros ambientales para todos los meses de la investigación.

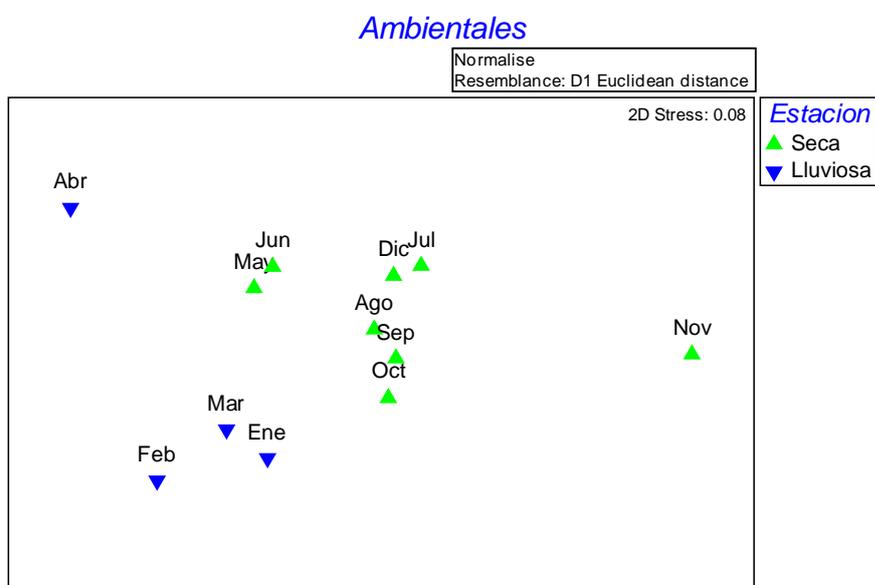


Figura 5. MDS de los factores ambientales para todos los meses del año.

El análisis del escalamiento multidimensional (Figura 5) permitió observar una tendencia de los meses a agruparse según la estación a la que pertenecían con excepción aparente de los meses de abril y noviembre.

3.1.1 Pluviosidad

Durante los meses de la estación lluviosa la pluviosidad fluctuó entre 21 y 150 mm. El mayor valor se registró en enero y el menor en abril. Mientras que para la temporada seca, la pluviosidad fue casi nula con valores entre 0 y 3.5mm. Con el ANOVA se obtuvo un valor altamente significativo ($p=0.0003$) como se observa en la Figura 6.

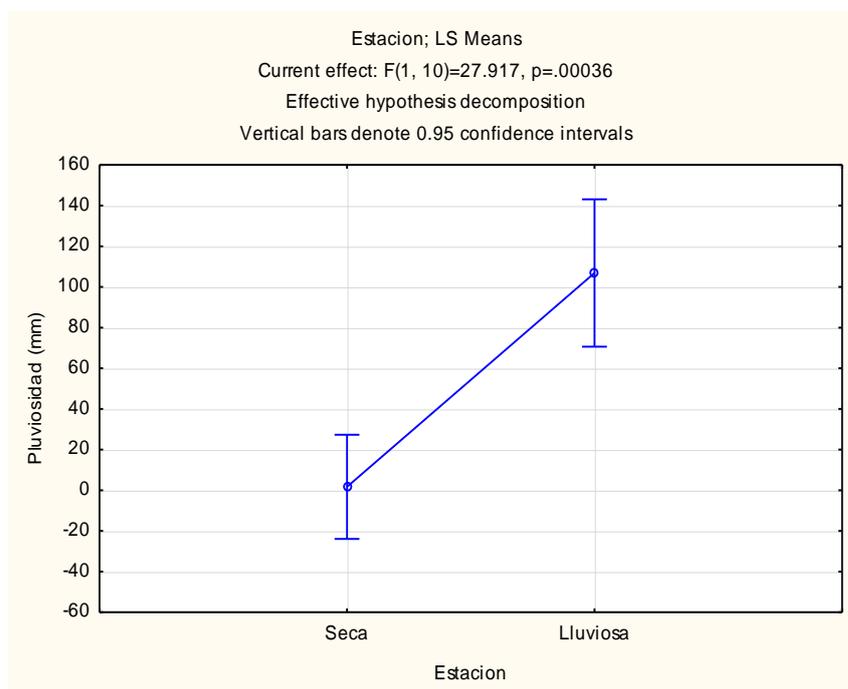


Figura 6. Comparación de pluviosidad entre las estaciones seca y lluviosa en San Pedro de Manglaralto.

3.1.2 Temperatura superficial

Durante la época lluviosa se registraron los mayores valores de temperatura superficial estando en un rango entre 25.31 y 27.40 °C. Durante la época seca la temperatura fluctuó entre 21.9 y 25.11 °C, existiendo una clara diferencia inter estacional en cuanto a este parámetro ambiental, lo que se confirmó con el ANOVA ($p=0.00086$). Ver Figura 7.

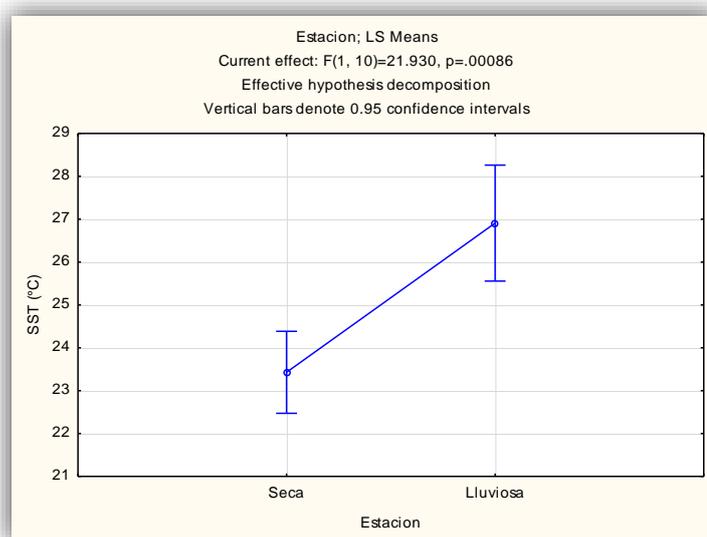


Figura 7. Comparación de la temperatura superficial entre las estaciones seca y lluviosa en San Pedro de Manglaralto

3.1.3 Salinidad

La salinidad fue mayor durante la estación seca y estuvo en un rango entre 33.6 y 34.1 UPS. Durante la época lluviosa, la salinidad descendió por el incremento de pluviosidad, fluctuando entre 32.4 y 33.7. El análisis de varianza arrojó un valor de $p=0.0016$, lo que constata que existen diferencias significativas, por efectos de estacionalidad, lo que podemos ver en la Figura 8.

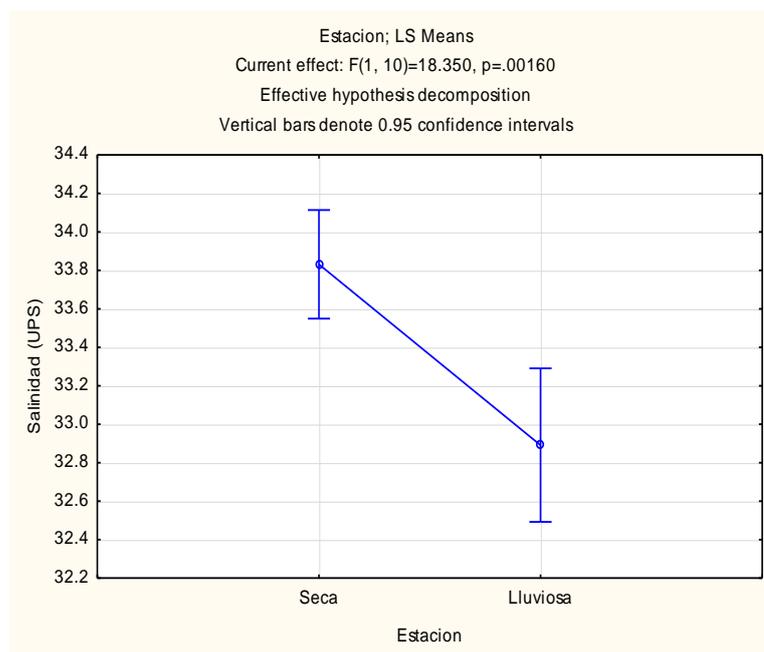


Figura 8. Comparación de la salinidad en San Pedro de Manglaralto (línea central representa la mediana y los extremos los valores mínimos y máximos).

3.1.4 Clorofila a y Materia orgánica particulada

No se encontró una diferencia estacional significativa en la concentración de clorofila. Los valores estuvieron entre 1.15 y 11 mg/l, en abril y noviembre respectivamente. No se encontraron diferencias estacionales significativas en cuanto a MOP. El rango de valores fue muy variable desde 10.48 mg/l en julio del 2000 y 365.36 mg/l para junio del 2001.

Se realizó una regresión entre ambas variables y se encontró una relación directa y significativa ($p=0.03$), como se puede apreciar en la Figura 9.

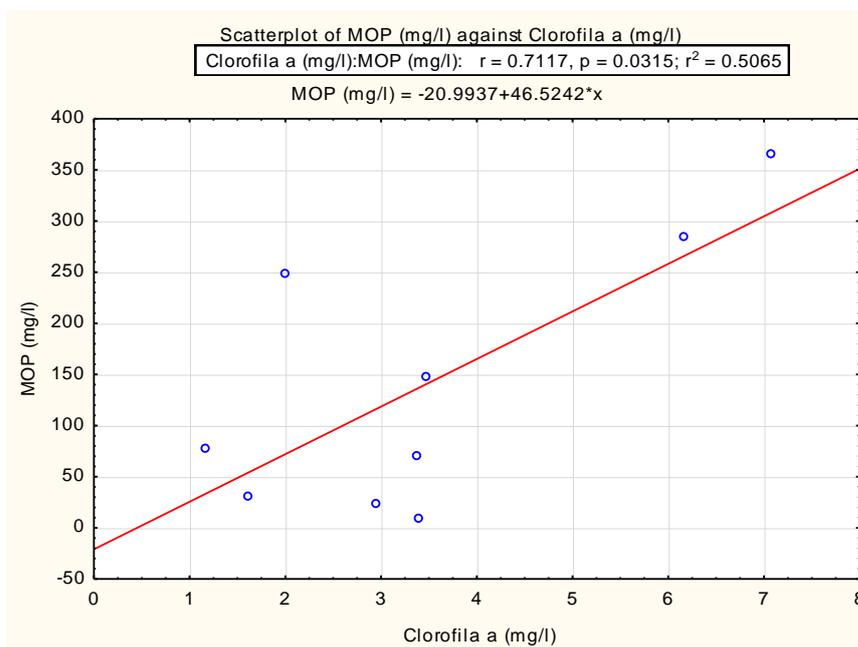


Figura 9. Correlación entre clorofila *a* y la materia orgánica particulada.

3.1.5 Materia particulada suspendida

Este factor ambiental varió durante todo el año sin un patrón específico detectado. El menor valor registrado ocurrió en julio del 2000 y fue de 111 mg/l, el mayor valor registrado se obtuvo en junio del 2001 y fue de 4686 mg/l. El análisis de varianza dio un valor de p no significativo con lo que se concluye que no existen diferencias estacionales.

3.2 Composición de la meiofauna

Tanto en las 8 réplicas para la estación seca como en las 4 réplicas para la estación lluviosa, se encontraron siete phyla descritos en orden de abundancia: Nematoda 88%, Gastrotricha 6%, Platyhelminthes 4%, Rotífera 1%, Artrópoda 1%, Annelida,

y Mollusca menos del 1%. La Tabla II y Figura 10 muestran la contribución por phylum, respecto la densidad promedio anual. Ver además Anexo B.

	Prom.ind/10cm ²	% densidad
Nematoda	7537	88%
Gastrotricha	506	6%
Platyhelminthes	356	4%
Rotifera	90	1%
Arthropoda	86	1%
Annelida	19	<1%
Mollusca	14	<1%
TOTAL	8608	100%

Tabla II. Composición promedio anual de la meiofauna en San Pedro de Manglaralto.

La densidad por mes de la meiofauna para la estación seca estuvo en un rango entre 385ind/10cm² (durante el mes de octubre) y 1213 ind/10cm² (durante el mes de diciembre). En la temporada lluviosa el rango estuvo entre 414 (para el mes de abril) y 941 ind/10cm² (para el mes de febrero).

Fue evidente que la meiofauna de San Pedro de Manglaralto no es equitativa. El phylum Nematoda siempre fue dominante con un porcentaje promedio anual de 88%. Los valores mínimos porcentuales de nematodos registrados durante todo el año fueron 81% para el mes de febrero y los valores porcentuales máximos fueron de 96% en el mes de septiembre. Los siguientes phyla más abundantes fueron Gastrotricha que con 114ind/10cm² para el mes de marzo llegó a representar el 13% de la densidad total y el phylum Platyhelminthes que para el mes de mayo tuvo una

densidad de 61 ind/10cm², representando el 13% de la densidad total para ese mes (ver **Anexo B**).

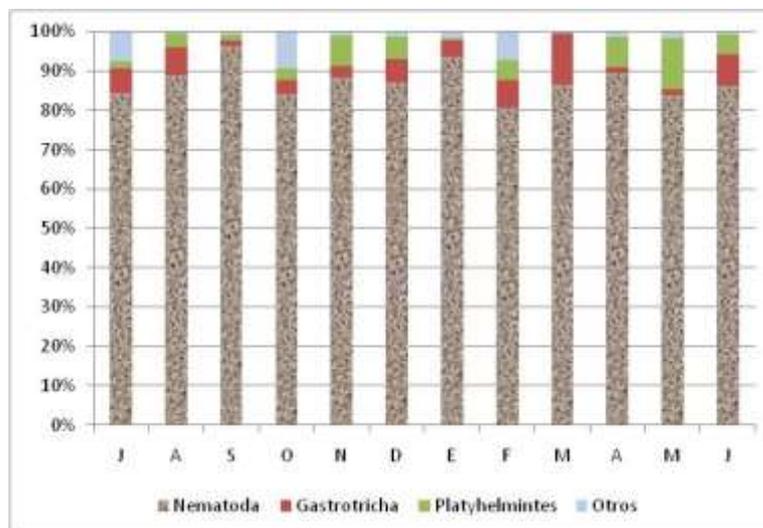


Figura 10. Distribución de la composición de la meiofauna de San Pedro de Manglaralto (Julio del 2000-Junio del 2001)

Fuente:[9], **Elaboración:** Autor

Para la determinación de la composición porcentual a nivel de género del phylum Nematoda se utilizaron los valores totales por muestreo, expresados en ind/10cm². El valor de densidad total y el número de individuos por género fueron utilizados para calcular el porcentaje por género que consta en el Anexo D.

El total de nematodos identificados fue de 1200, dentro de los cuales se encontraron 22 géneros y 16 familias (Anexo E). La familia Xyalidae registró 6 géneros, los mismos que representaron el 54% de la densidad total.

De los 22 géneros encontrados, el 73% de la densidad mensual estuvo representada por: *Ceramonema* 21%, *Rhynchonema* 19%, *Daptonema* 17%, *Metachromadora* 10% y *Metadesmolaimus* 6%, en orden de contribución porcentual. La Figura 11

muestra la variación anual de estos géneros, se observa que presentan variaciones en términos de dominancia y uniformidad, lo cual se explica más adelante en los resultados de diversidad. En el mes de septiembre el género *Ceramonema* presenta su menor densidad a lo largo de todo el año, en este mismo mes el género *Rhynchonema* presenta su mayor densidad, y durante los meses de marzo y abril cuando *Ceramonema* alcanza sus mayores densidades, *Rhynchonema* tiende a disminuir drásticamente su abundancia. Sin embargo, no se pudo demostrar estadísticamente una relación significativa entre ambas.

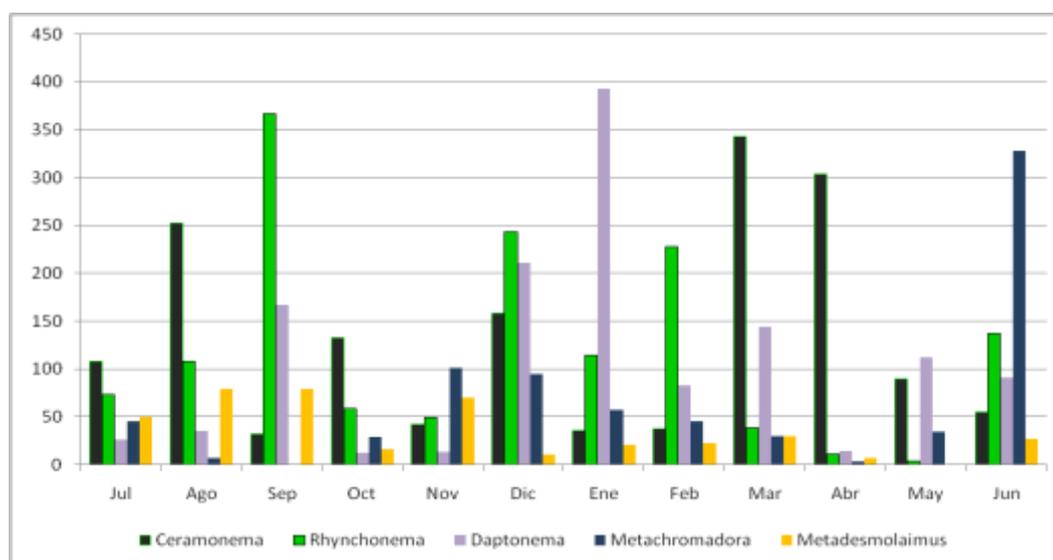


Figura 11. Variación anual de los géneros dominantes de San Pedro de Manglaralto (ind./10 cm²)

Índice de Bogers

En el Anexo E se puede observar la clasificación de las familias encontradas de acuerdo al índice de Bogers. Se debe destacar que la familia más representativa Xyalidae está clasificada como 2 y la familia Ceramonematidae a la que pertenece el

género más representativo (*Ceramonema*) está clasificada como 3. Esta particularidad será explicada más adelante en discusiones.

3.3 Variabilidad estacional de la meiofauna

Los valores de abundancia de la meiofauna (ind/10cm²) de cada mes, fueron agrupados de acuerdo a la estación a la que pertenecían, y luego fueron comparados para determinar si existían diferencias entre las dos estaciones. Para esto se realizó el análisis de varianza (ANOVA) no encontrando diferencias significativas.

Adicional a esto se realizó un análisis de escalamiento multidimensional (MDS) que muestra gráficamente que no se encontraron patrones en la densidad debido al factor estación del año (Figura 12). El mismo resultado se repite para el análisis cluster (Figura 13); sin embargo se puede notar que la muestra de febrero y diciembre se encuentran separadas de los otros meses del año, lo cual significa que mantienen similitudes en términos de densidad

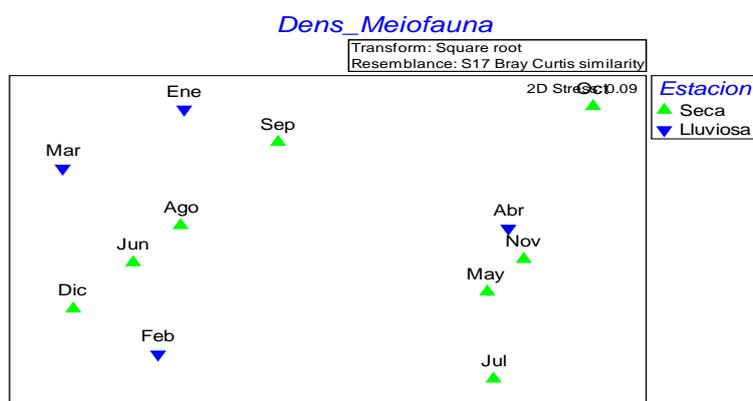


Figura 12. MDS de la densidad mensual de meiofauna para cada estación (los valores fueron transformados a raíz cuadrada).

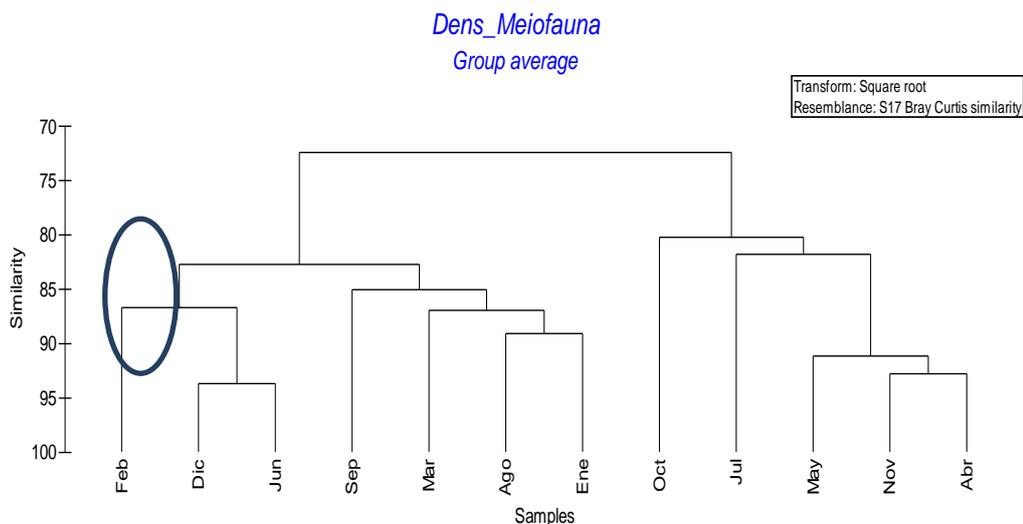


Figura 13. Análisis Cluster de las densidades de la meiofauna de San Pedro de Manglaralto (datos transformados a raíz cuadrada).

También se aplicó un análisis de similitudes (ANOSIM), en éste se hicieron 495 permutaciones para buscar similitudes dentro de cada estación y entre las estaciones seca y lluviosa. Como resultado se obtuvo un valor $R=0.1$, con nivel de significancia de 0.74. Este valor de R indica que existió mayor variación entre las densidades de los meses de la misma estación, que entre las estaciones, por lo que no se puede atribuir las diferencias en densidad de meiofauna a la estacionalidad (Figura 14).

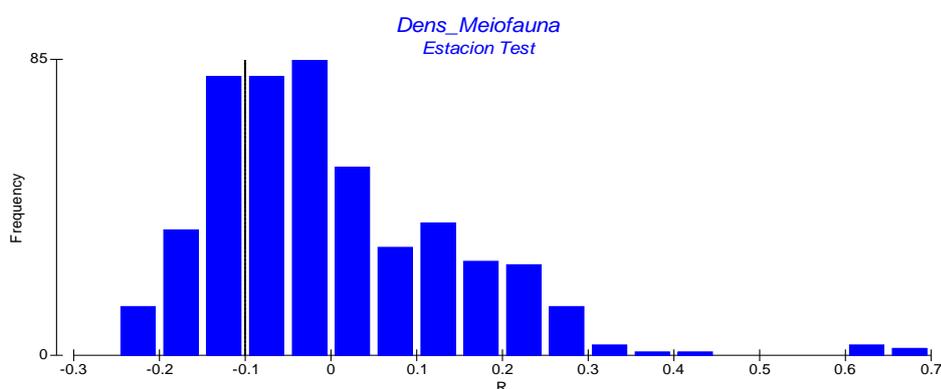


Figura 14. Análisis de similitudes (ANOSIM) de la densidad de la meiofauna.

Finalmente se realizó un análisis de porcentaje de similitud (SIMPER) (Anexo F), donde se encontró que el porcentaje de disimilitud entre la estación seca y la estación lluviosa fue de 21.28%. La estación seca tuvo un porcentaje de similitud de 77.99% y la estación lluviosa un porcentaje de similitud del 75.8%, siendo el phylum Nematoda el que presenta mayor porcentaje de aportación para estos resultados. Este análisis permitió constatar los resultados del ANOSIM, efectivamente existen más diferencias dentro de las estaciones, pero la diferencia entre los porcentajes es muy pequeña.

3.3.1 Comparación de la densidad del phylum Nematoda entre las estaciones seca y lluviosa

No se encontraron diferencias significativas en la densidad de nematodos entre estaciones ($p=0.83$).

En las Figuras 15 y 16 se presentan el MDS y cluster para similitudes con base en densidad de nematodos. No se puede apreciar un patrón en ninguno de ellos con respecto a estación.

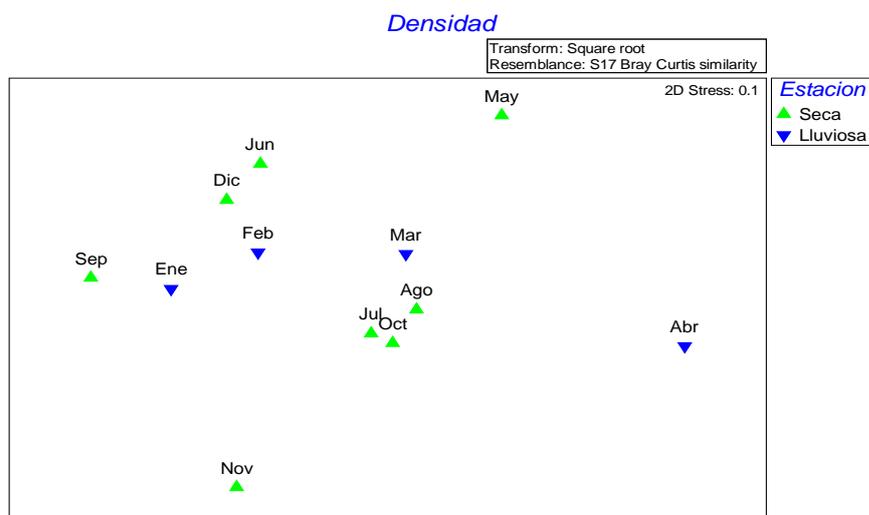


Figura 15. MDS de la densidad mensual de nematodos para cada estación (datos transformados a raíz cuadrada).

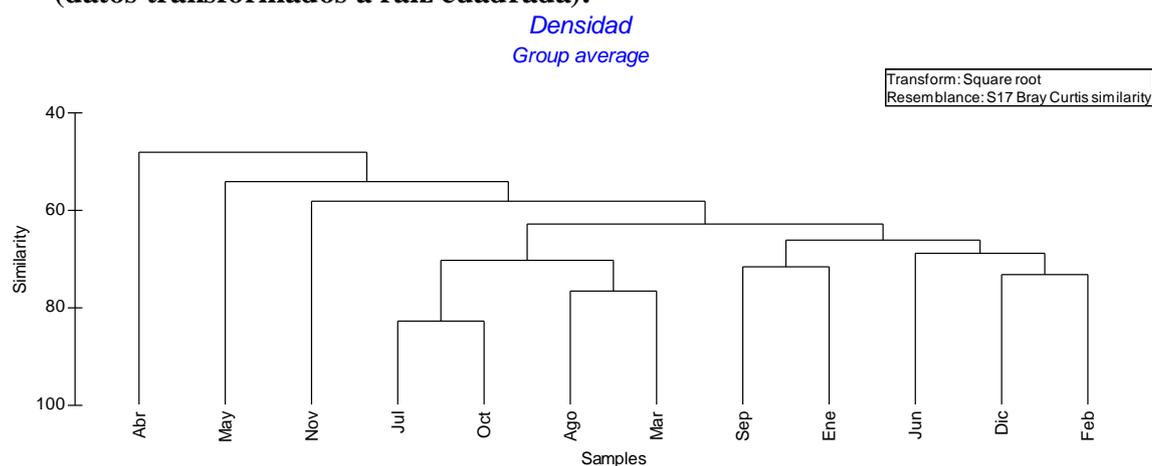


Figura 16. Análisis Cluster de las densidades a nivel de género del phylum Nematoda de acuerdo a su mes de muestreo.

El análisis de similitudes (ANOSIM) tampoco detectó diferencias significativas. El estadístico R calculado fue de -0.14 , y el nivel de significancia de 0.816 . Este valor de R nos indica que existía mayor variación dentro de los meses de la misma estación, que entre las estaciones, por lo que no se puede atribuir las diferencias en densidad de nematodos a la estacionalidad (Figura 17).

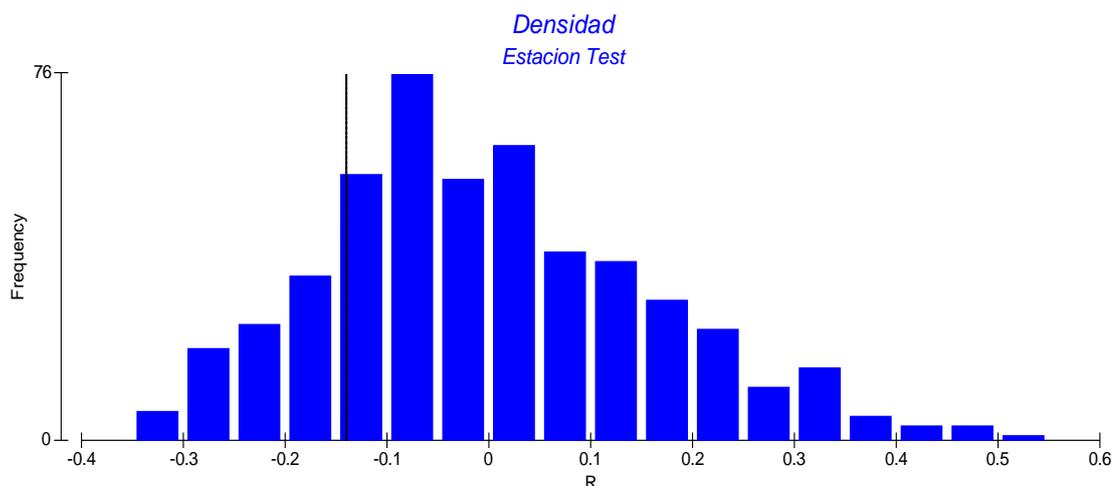


Figura 17. Análisis de similitudes (ANOSIM) para densidad del phylum Nematoda.

Por último se realizó un análisis del porcentaje de similitudes en base a la matriz de datos convertida a raíz cuadrada, encontrando una disimilitud de 39.38% entre las estaciones lo que significa que existe alta similitud entre ellas, el valor de similitud para la estación seca y lluviosa fue de 60.66% y 56.24% respectivamente. Lo que significa que la similitud de la densidad de los nematodos entre las estaciones y dentro de ellas es muy alta. Siendo en todos los casos el género *Ceramonema* el que determina la diferencias en base a la densidad.

3.4 Estructura Poblacional

Para determinar la edad poblacional del phylum Nematoda, se identificaron 1200 organismos en base a su estructura copulatoria: machos, hembras y juveniles. En la figura 18 se puede apreciar la estructura de edades de los cuatro géneros más dominantes.

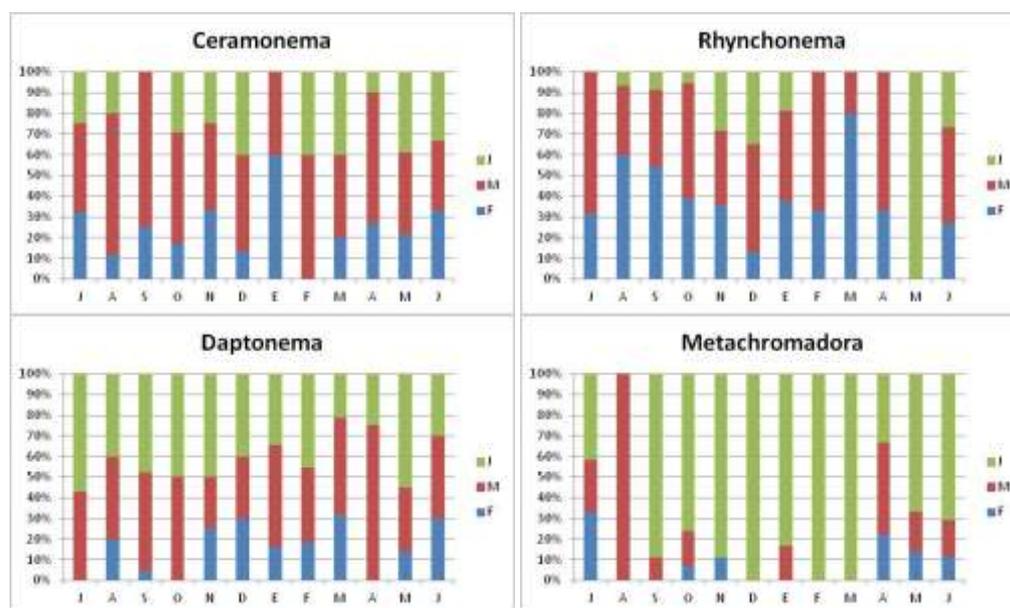


Figura 18. Estructura de edades de los cuatro géneros más dominantes en cuanto a densidad

Se puede destacar que en el caso del género *Ceramonema* durante el inicio de la temporada lluviosa la población estuvo dominada por hembras, y para el mes de febrero incrementó el porcentaje de juveniles, y no se observaron hembras. Algo similar sucede con el género *Rynchonema*, al terminar la época lluviosa (en abril) en la comunidad no se observan hembras y al empezar la época seca la comunidad se ve dominada por juveniles.

Al analizar el comportamiento de los géneros dominantes se observó que al disminuir la densidad del género *Ceramonema* incrementaba la densidad del género *Rynchonema*, pero no se pudo encontrar relación significativa. Sin embargo al analizar las relaciones de estos organismos a nivel de familia se encontró una relación

inversa significativa ($p=0.002$). En la Figura 19 se puede apreciar que a medida que aumentaba la proporción de la familia Xyalidae, disminuía la de Ceramonematidae.

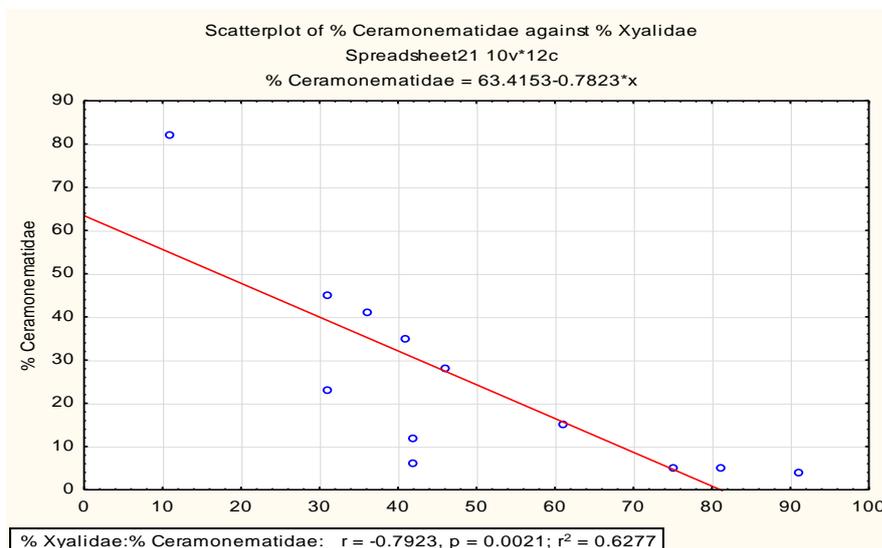


Figura 19. Relación de las dos principales familias de nematodos presentes en San Pedro de Manglaralto.

En lo referente a la estructura trófica de los 2 géneros más dominantes en cuanto a densidad pertenecen a la siguiente clasificación trófica: *Ceramonema* es del grupo 1A se alimentan de depósito selectivo, tienen cavidad bucal pequeña; y *Rhynchonema* es del grupo 1B se alimentan de depósito no selectivo, son nematodos con cavidad bucal de tamaño moderado

3.4.1 Diversidad

Los análisis de diversidad se realizaron a nivel de todos los phyla que integraron a la meiofauna de este estudio (Tabla III), y dentro del phylum Nematoda como grupo más representativo (Tabla IV). Para esto se calcularon una serie de índices de abundancia proporcional clasificados en dos tipos, los de dominancia que incluyen al

índice de diversidad Simpson, y a los números de Hill; y el índice para estimar uniformidad o equidad el índice de Shannon[56].

Mes	H'	S_{iD}	N_1	N_2	N_0
Jul	0,6183	0,28	1,856	1,388	5
Ago	0,4397	0,2039	1,552	1,256	5
Sep	0,2049	0,07	1,227	1,079	5
Oct	0,6265	0,2837	1,871	1,395	5
Nov	0,4728	0,2163	1,604	1,275	6
Dic	0,5158	0,2354	1,675	1,308	5
Ene	0,3023	0,1201	1,353	1,136	6
Feb	0,7358	0,3398	2,087	1,514	6
Mar	0,4233	0,2354	1,527	1,307	4
Abr	0,4248	0,1956	1,529	1,242	4
May	0,5574	0,2802	1,746	1,388	6
Jun	0,5236	0,2471	1,688	1,328	6

Tabla III. Índices de diversidad de la Meiofauna Total
H' índice de Shannon, S_{iD} = Índice de diversidad de Simpson, los números de diversidad de Hill. N_0 , N_1 , N_2 .

Mes	S_{iD}	H'	N_0	N_1	N_2
Jul	0,85	2,12	14,00	8,31	6,69
Ago	0,83	2,12	14,00	8,31	5,94
Sep	0,73	1,68	11,00	5,37	3,73
Oct	0,79	1,93	13,00	6,90	4,66
Nov	0,84	2,00	11,00	7,36	6,17
Dic	0,87	2,18	14,00	8,87	7,44
Ene	0,67	1,58	13,00	4,87	2,99
Feb	0,83	2,07	14,00	7,95	5,87
Mar	0,75	1,84	13,00	6,33	4,05
Abr	0,33	0,83	10,00	2,30	1,48
May	0,80	1,74	9,00	5,72	5,12
Jun	0,82	2,02	12,00	7,57	5,63

Tabla IV. Índices de diversidad de los nematodos
 S_{iD} = Índice de diversidad de Simpson, *H'* índice de Shannon, los números de diversidad de Hill. N_0 , N_1 , N_2 , e^H .

Índice	Valor p del ANOVA inter estacional	
	Meiofauna	Nematodos
Simpson (D_{Si})	0,92	0,05
Diversidad Simpson ($S_{ID} = 1 - D_{Si}$)	0,92	0,05
Shannon (H')	0,80	0,08
$N0 = S$	0,44	0,82
$N1 = e^H$	0,95	0,08
$N2 = 1 / D_{Si}$	0,97	0,04

Tabla V. Significancia estadística del ANOVA de índices de diversidad.
Para meiofauna total y para nematodos, diferencias entre estaciones

3.4.2 Uniformidad

El índice de Shannon mide el grado de uniformidad en la abundancia de las taxas. Para la meiofauna de este estudio identificamos solo siete phyla, por esta razón este índice podría haber tomado valores entre 0 y 1.94 (logaritmo natural del número total de phyla), en donde 0 representaría nula uniformidad y 1.94 máxima uniformidad. Los valores hallados estuvieron entre 0.2 a 0.73 (como podemos apreciar en la Tabla III), lo que significa que no existió equidad en la distribución de las abundancias de los individuos entre los phyla. El análisis de varianza arrojó un valor de $p=0.8$ no significativo (Tabla V), con lo que no podemos probar que la heterogeneidad de repartición de las abundancias de las taxas se deba a las diferentes estaciones.

Con el número de géneros identificados, el índice de Shannon para los nematodos podía tomar valores entre 0 y 3, y los valores estuvieron entre 0.83 y 2,18. La mayor

uniformidad se presentó en diciembre y la menor en abril. El análisis de varianza de la comunidad de nematodos dió un valor de $p=0.08$ no significativo al igual que en la meiofauna total.

3.4.3 Índice de Diversidad de Simpson

Los índices de diversidad de Simpson por mes para la meiofauna se pueden apreciar en la Tabla III. El rango de valores que podría tomar este índice en este caso fue entre 0 y 0.85, donde cero representa ninguna diversidad y alta dominancia. Como se muestra en dicha tabla, durante todos los meses este índice se mantuvo en un rango entre 0.07 y 0.33.

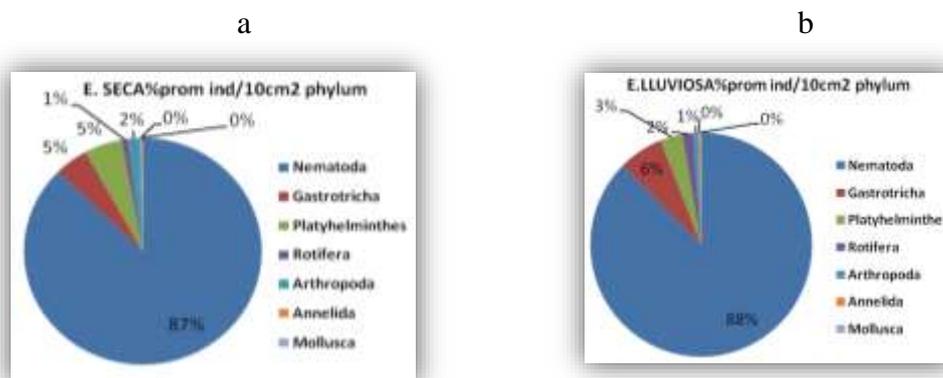


Figura 20. Promedio de la abundancia de individuos por 10cm². a: época seca, b: época lluviosa.

El análisis de varianza entre los índices de Simpson para cada estación l no presentó diferencias significativas (Tabla V), pues los nematodos representaron 87% de la abundancia de la meiofauna en la época seca y el 88% en la época lluviosa, manteniendo su dominancia durante todo el año de muestro (Figura 20).

El índice de Diversidad de Simpson (S_{ID}) para los nematodos pudo tomar valores entre 0 para diversidad baja y 0.95 para diversidad alta. Este índice fue relativamente alto durante todo el año a excepción del mes de abril (Tabla IV). Al realizar el análisis de varianza se encontró que existía una diferencia significativa entre la estación seca y lluviosa $p=0.05$ (Tabla V).

3.4.4 Números de Hill

Para la Meiofauna N_0 que representa el número total de taxas por mes, varió de 4 a 6, siendo 7 el número total de Phyla encontrados en el año. El N_1 representa el número de especies muy abundantes y fluctuó entre 1.2 y 2, y el mayor valor registrado para N_2 fue de 1.5. Para todos los casos el análisis de varianza dio un valor p no significativos (Tabla V), lo que significa que no existen diferencias significativas entre los números de especies (totales, abundantes y muy abundantes) debidas a la estacionalidad.

Para los nematodos N_0 se mantuvo relativamente constante entre los meses con excepción de abril y mayo, N_1 fluctuó considerablemente entre los meses; sin embargo según el análisis de varianza ninguno de estos dos números presento diferencias significativas entre las estaciones (Tabla V). En el caso de N_2 el valor promedio para la temporada seca difirió del valor promedio para la temporada lluviosa (Tabla IV), además el análisis de varianza obtuvo un valor p igual a 0.03, lo que se constata que las diferencias en el número de especies más abundantes se debieron a la estacionalidad (Figura 21).

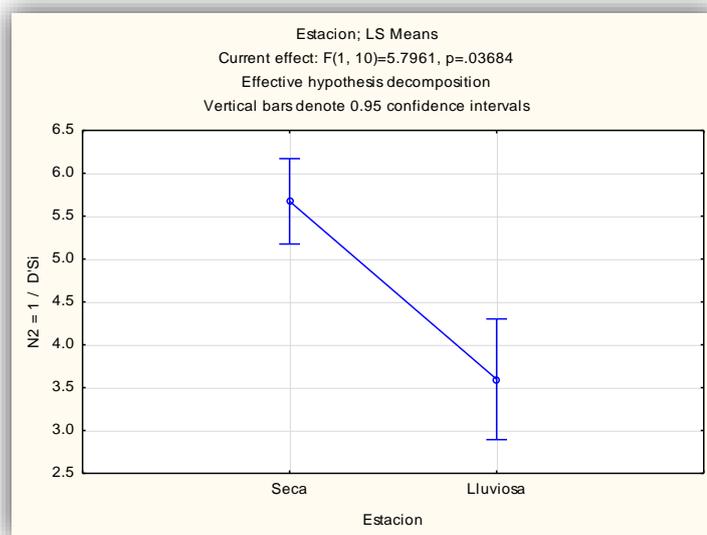


Figura 21. Comparación de N_2 de Hill para los géneros de nematodos entre las estaciones seca y lluviosa.

3.4.5 Análisis de Curvas K -dominancia

La curva de K -dominancia para meiofauna (Figura 22), permitió observar gráficamente que durante todos los meses existió poca diversidad, y los cruces y montajes entre las curvas para cada mes muestran que no existieron diferencias en la abundancia debidas a los cambios de estación. La mayor diversidad relativa se presentó en el mes de febrero cuando la dominancia de los nematodos se mantuvo alta, alcanzando su nivel más bajo de 81% en febrero (**Anexo B**).

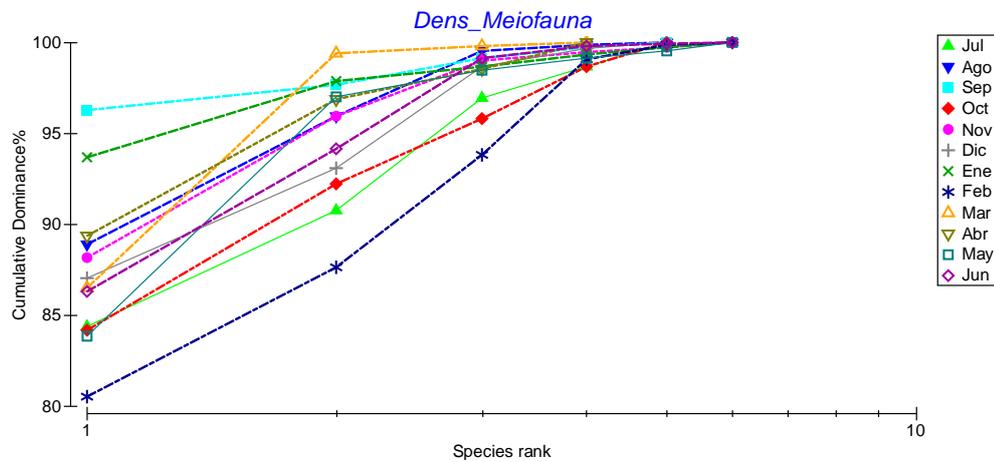


Figura 22. Curva de K -dominancia para la meiofauna de San Pedro de Manglaralto, distribución de las densidades de la meiofauna por mes.

La curva de K -dominancia obtenida para las densidades de los nematodos (Figura 23), muestra que las curvas de los meses de la época seca y la época lluviosa se cruzan y mezclan entre ellos, lo que no indica un patrón diferencial entre estaciones y se corrobora con el ANOVA y el ANOSIM para la densidad cuyos valores de p no fueron significativos.

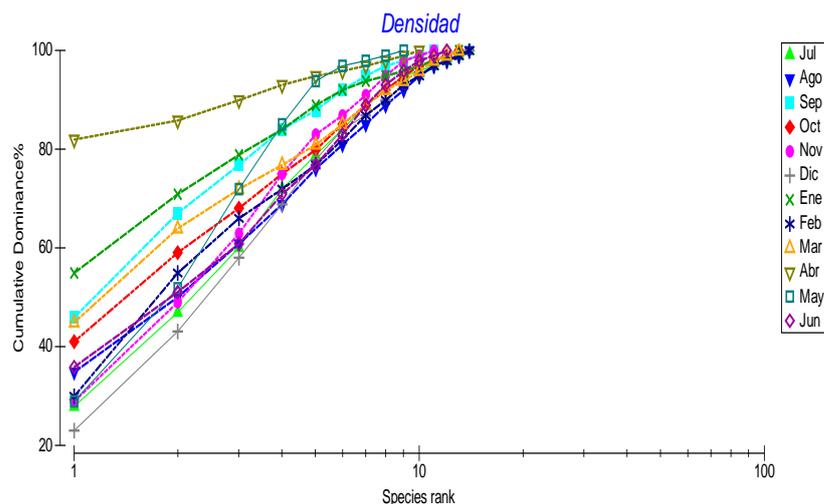


Figura 23. Curva de K -dominancia para los géneros del phylum Nematoda.

3.5 Biomasa

La biomasa fluctuó mucho entre los meses del año tomando valores desde 14.19 hasta 124.47 ug/10cm² (Anexo G). Durante la época seca el valor promedio fue de 49.57 ug/10cm² y durante la época lluviosa el valor promedio fue de 35.19ug/10cm². Durante ambas estaciones el género que más aportó a la biomasa fue *Ceramonema* representando el 37% de la biomasa en la época seca y el 23% durante la época lluviosa, la representatividad porcentual de biomasa promedio varió de una estación a otra (Figura 24).

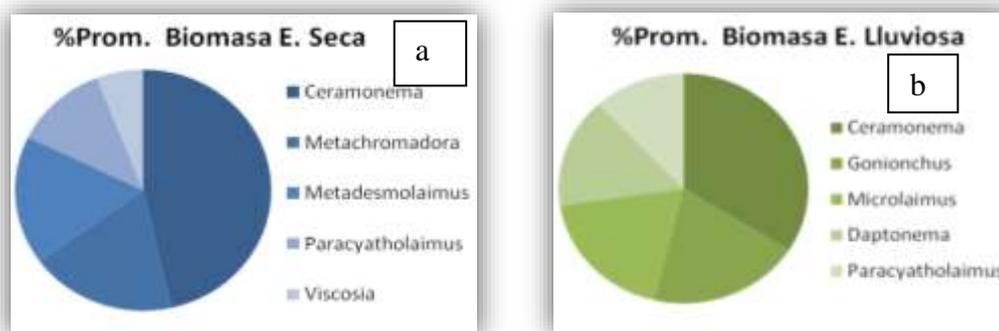


Figura 24. Aporte promedio de las especies a la abundancia a estación seca, b estación lluviosa

Pero en el ANOVA no se encontraron diferencias significativas debidas a la estacionalidad. La curva comparación abundancia biomasa (ABC) se puede observar en la figura 25. Esta curva permite inferir el grado de alteración del ambiente. En el caso de la playa de San Pedro de Manglaralto, la cercanía y montaje de las curvas no representa un grado de alteración, nótese que un resultado de contaminación moderado debería mostrar que la curva de biomasa estuviera en posición inferior a la de la densidad, cosa que no ocurre en este análisis curva ABC

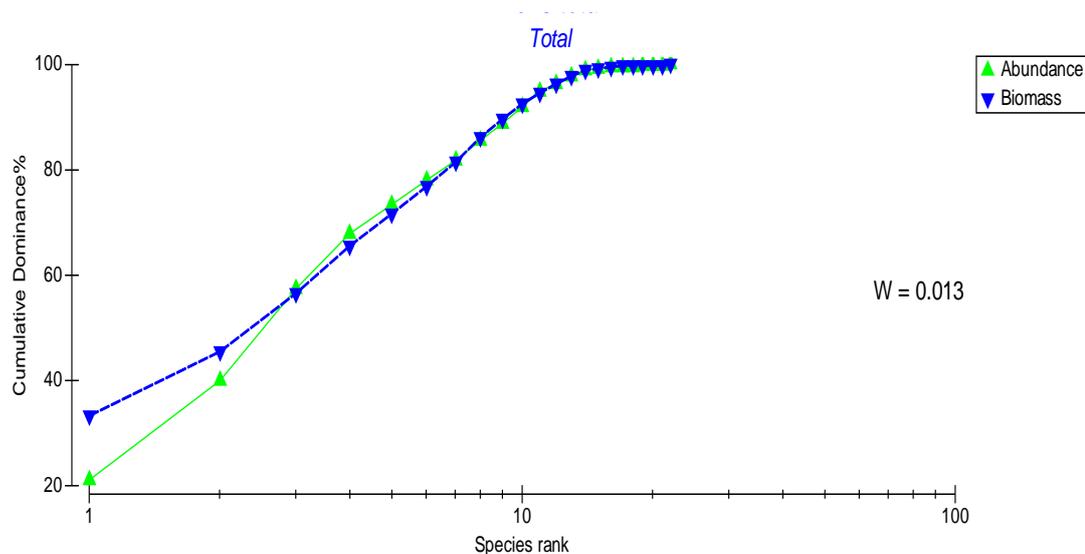


Figura 25. Curva ABC para nematodos

El análisis de escalamiento multidimensional o MDS (Figura 26) para la biomasa no muestra agrupamientos entre los meses debidos a la estación a la que pertenecen.

Los meses se observan dispersos sin mostrar un patrón específico. Para completar este análisis se hizo un análisis cluster que permite apreciar que en efecto los meses no se asocian por el factor estación, sin embargo éstos se dividen en tres grupos, de acuerdo a sus similitudes en la biomasa, lo que se puede apreciar en la Figura 27. Esto indicaría que la biomasa de San Pedro de Manglaralto es constante a lo largo del año.

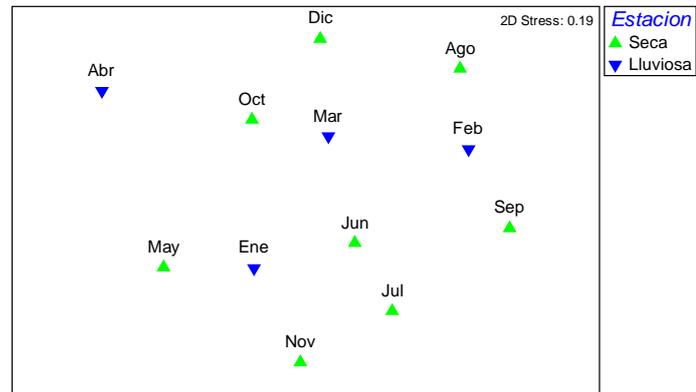


Figura 26. MDS para biomasa de los nematodos por cada mes de muestreo.

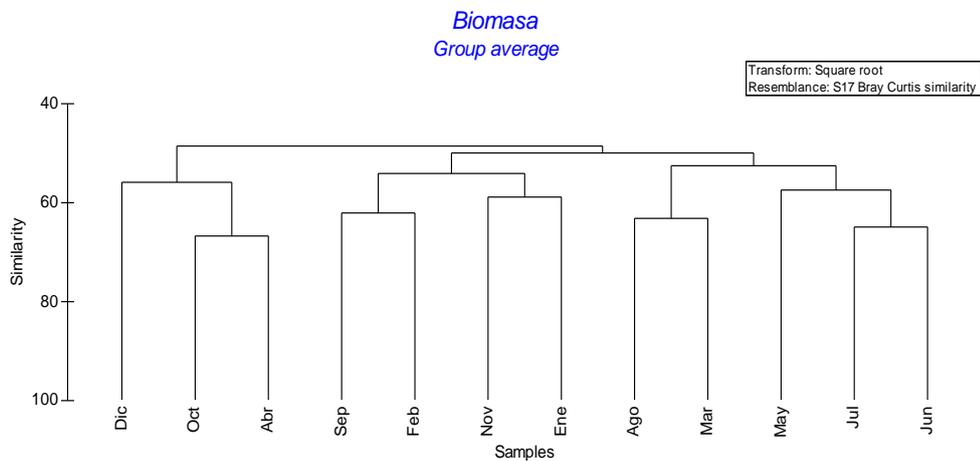


Figura 27. Análisis Cluster de la biomasa de nematodos por mes

El ANOSIM (Figura 28) tampoco encontró disimilitudes significativas entre estaciones ($R= 0.07$; $p=0.69$).

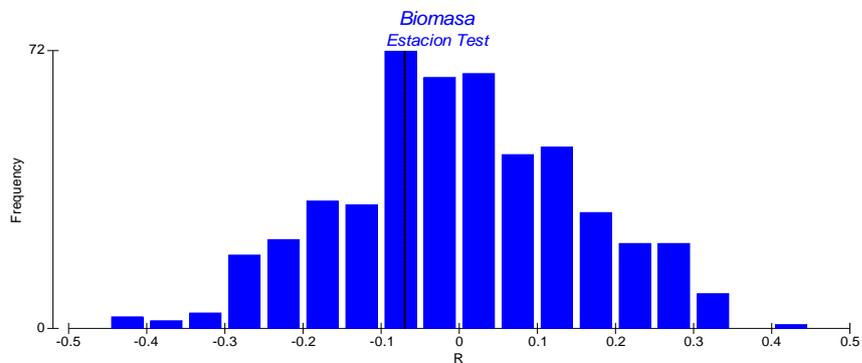


Figura 28. ANOSIM para biomasa de nematodos

3.6 Relación de la meiofauna con los factores ambientales

Se realizaron gráficos de dispersión para buscar relaciones entre la densidad de la meiofauna y de los nematodos con los factores ambientales de salinidad, temperatura superficial, clorofila *a*, materia particulada suspendida total y materia orgánica particulada. En ambos casos no se encontraron relaciones significativas entre las variables, pero en los gráficos de dispersión donde se comparaba la densidad con la materia particulada suspendida total, en el caso de la meiofauna se obtuvo un valor de *p* igual a 0.06. (Tabla VI).

Parámetros	Valor p	
	Densidad Meiofauna	Densidad nematodos
SST	0,60	0,70
Salinidad	0,90	0,90
Pluviosidad	0,40	0,44
Clorofila	0,60	0,58
MPS	0,06	0,09
MOP	0,29	0,27

Tabla VI. Valor p para la regresión lineal entre los factores ambientales y la densidad de Meiofauna y de los nematodos.

Los resultados de la comparación de los factores ambientales y la biomasa de los nematodos por cada muestreo no presentaron valores de *p* significativos. No se detectaron correlaciones significativas ($\alpha=0.05$) entre densidad o biomasa de nematodos y las variables ambientales.

CAPÍTULO IV DISCUSIÓN

Hay que destacar que las muestras estudiadas fueron recolectadas entre julio del 2000 y junio del 2001 periodo durante el cual se pasaba por un fenómeno de la Niña, posterior a un fuerte fenómeno del Niño. Es posible que la composición, estructura y biomasa de la Meiofauna y el mismo hecho de no encontrar diferencias significativas entre estaciones se hayan debido a las alteraciones climáticas que causan estos fenómenos, pues en Chile se evidenciaron cambios en la estructura del meiobentos durante el fenómeno del Niño de 1997-1998 y periodos normales [7].

La meiofauna a nivel de phyla presentó valores bajos en términos de riqueza (diversidad), donde el phylum Nematoda dominó durante todo el periodo de estudio. Estudios similares realizados en Chile central obtuvieron valores parecidos [22], y un estudio precedente de Calles 2006 [9] en Ecuador reporta resultados similares. El comportamiento de la meiofauna entonces estuvo representado por los nematodos que pese a presentar relativamente mayor riqueza de géneros, se caracterizó por la presencia de especies dominantes.

En cuanto a la estructura de edades cuyos gráficos pueden observarse en la figura 18, la comunidad del género *Ceramonema* presentó una peculiaridad interesante al comenzar la época lluviosa pues su población de hembras dominó y no se encontraron juveniles, el mes siguiente la población de hembras disminuyó y los juveniles incrementaron notablemente. Este comportamiento podría indicar que su fase reproductiva puede estar guiada por el cambio estacional, pero por ser un estudio de toda la meiofauna no tenemos datos suficientes para analizar si este suceso observado es significativo.

El índice de diversidad de Simpson fue alto para los nematodos y presentó diferencias significativas entre estaciones (Figura 11). También se encontraron diferencias significativas en las diversidades de especies muy abundantes en el caso de los nematodos, entre estaciones, en el N_2 de Hill. Las curvas de K -dominancia de las densidades de los nematodos muestran que el mes de abril fue el menos diverso y el género *Ceramonema* presentó alta dominancia pues representó el 82% de la abundancia total para ese mes. El hecho de que abril presente una dominancia tan marcada de un solo género es la principal diferencia entre las estaciones seca y lluviosa, encontradas entre los índices de diversidad que priorizan dominancia como son índice de Simpson y N_2 de Hill.

No se encontraron diferencias significativas entre las estaciones debidas a los parámetros ambientales. Pero se encontró una correlación significativa entre clorofila

a y materia orgánica particulada probablemente debido a la relación trófica entre el fitoplancton, representado con el incremento de clorofila, y el incremento de la producción de materia orgánica [57].

De acuerdo al método ABC Comparación Abundancia, Biomasa de Warwick [55],[54], la curva ABC de la Figura 25 obtenida en este estudio, indica que el sitio de muestreo estuvo no presentaba contaminación, puesto que se observan entrecruzamiento y montaje entre las curvas, sin que la abundancia sobrepase por mucho a la biomasa.

Los géneros *Rhynchonema* y *Daptonema* ambos de la familia Xyalidae, presentan altas densidades y cuerpos pequeños como es característico de las Familias clasificadas como colonizadoras que aportan abundancia pero no biomasa. Sin embargo, también está presente en abundancias competitivas un género de mayor tamaño, y que aporta valores relativamente altos de biomasa, el género *Ceramonema*. Lo que podría explicar la forma de las curvas ABC para los nematodos [54]

Durante todo el estudio se observó que al disminuir la densidad del género *Ceramonema* incrementaba la densidad del género *Rynchonema*, no se pudo encontrar relación significativa a nivel de género pero si a nivel de familia. *Rynchonema* pertenece a la familia Xyalidae y según el Índice de madurez de Bogers enfocado para el uso de nematodos como bioindicadores , clasifica a los organismos

del 1 al 5 donde mientras más se acerque a 1 más pertenecen a los Colonizadores – y conforme se acerquen al 5 pertenecen al grupo de los Permanentes [31], y la familia Xyalidae está clasificada como un 2 [32], lo que significa que tienen más características de oportunistas resistente a cambios ambientales y contaminación, presentando características de los estrategas-K. El género *Ceramonema* por su parte pertenece a la familia Ceramonematidae clasificado por el índice mencionado como un 3, es decir es una especie que presenta en igual cantidad características tanto de colonizador como de persistente. Al analizar la correlación entre estas dos familias se encontró una relación significativa.

En cuanto a la biomasa no se encontraron relaciones entre los cambios de ésta y las estaciones seca y lluviosa. Sin embargo este es el primer estudio de biomasa de meiofauna en el Ecuador y servirá de línea base para futuras investigaciones.

CONCLUSIONES

Con base en lo anteriormente expuesto, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

1. En cuanto a la composición de especies dominantes dentro del phylum Nematoda se pudo comprobar que existió una gran alternancia de la dominancia de especies a lo largo de todo el año, y existieron diferencias significativas en la dominancia de especies más abundantes debido al efecto de la estación seca y lluviosa.
2. Los valores de máxima biomasa hallados en el mes de diciembre coinciden en parte con la mayor densidad general de especies (1256 ind/cm²) reportada en el año, pero hay que señalar que las especies más abundante para este mes fueron *Rynchonema* 23% y *Daptonema* 20%, dos especies consideradas colonizadores. Sin embargo la mayor biomasa de este mes se debió a la presencia del género *Ceramonema* clasificado como persistente, que pese a

representar solo el 15% de la abundancia, fue responsable del 81% de la biomasa.

3. La correlación de las dos familias a las que pertenecen los géneros *Ceramonema* y *Rhynchonema* dieron resultados significativos.
4. La relación biomasa-densidad a nivel del phylum Nematoda, representada en la curva ABC, determinó que a pesar de que el gráfico muestra a ambas curvas (biomasa y densidad) superpuestas hacia la parte extrema del análisis, esto no es contundente para afirmar que existe indicios de contaminación en la playa de San Pedro de Manglaralto, dado que la curva de biomasa no decrece respecto a la de densidad. Por otro lado la variación de la biomasa a lo largo del año, no mostró diferencias significativas entre la estación seca y lluviosa, es decir la biomasa se mantiene constante en el periodo de estudio. Se evidenció que la meiofauna aporta al sedimento de esta playa, porcentajes importantes de materia orgánica y generación continua de nutrientes.
5. No se encontraron diferencias significativas para densidad y biomasa, debido a la estacionalidad.
6. No se encontró relación entre la biomasa y los parámetros ambientales, así como tampoco se detectaron diferencias significativas entre la biomasa

reportada para la estación seca y la biomasa reportada para la estación lluviosa.

7. No se encontró relación entre la densidad y los parámetros ambientales, y tampoco se detectaron diferencias significativas entre las densidades reportadas para la estación seca y las densidades reportadas para la estación lluviosa

RECOMENDACIONES

Luego de analizar toda la información existente, se puede llegar a las siguientes recomendaciones:

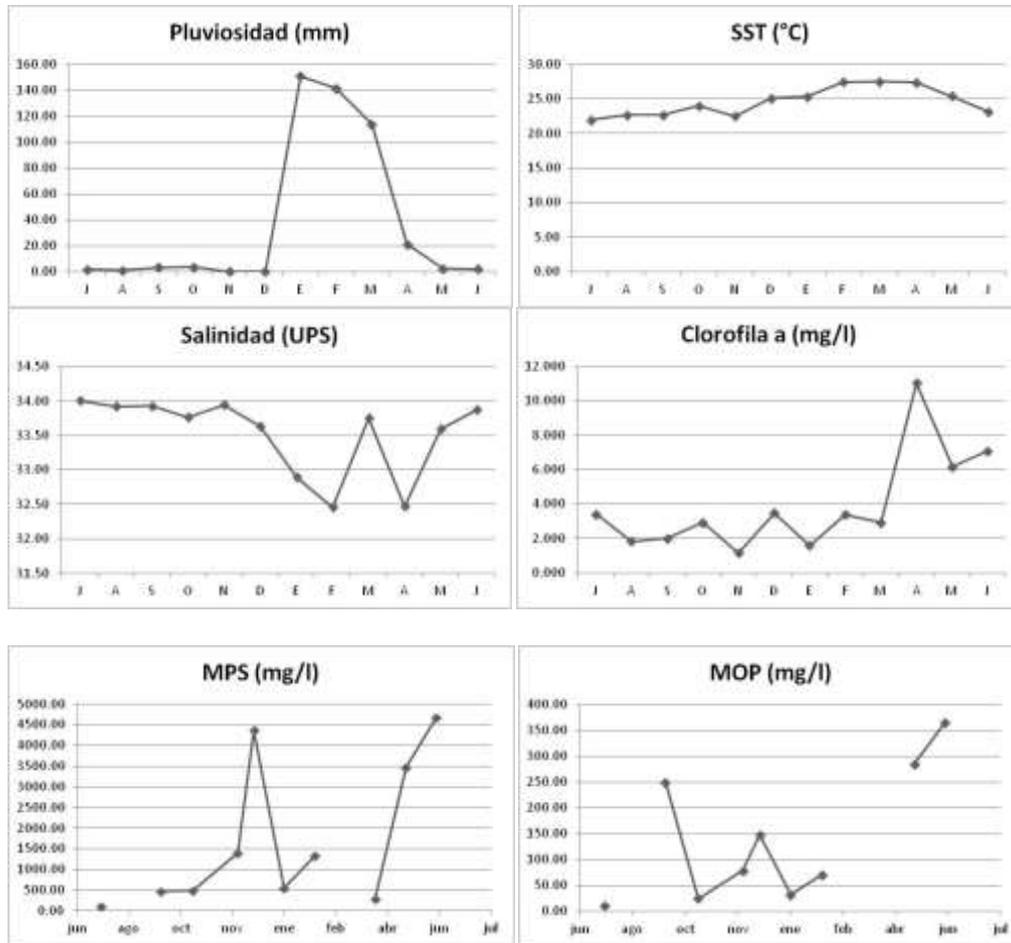
- 1) Siendo *Ceramonema* el género de mayor aporte a la biomasa del phylum Nematoda en este estudio, con aparente sensibilidad a los cambios ambientales como la temperatura superficial; y, debido a que los análisis de edad poblacional sugieren que su ciclo reproductivo podría estar influenciado por cambios estacionales, despierta particular interés y se recomienda ser tomada en cuenta para futuros estudios.
- 2) Se recomienda dar continuidad a los estudios de la biología y relaciones tróficas de los nematodos, por su alto potencial como bioindicadores.
- 3) Los estudios en conjunto de biomasa y abundancia de los nematodos deben ser utilizados para descripciones de perturbaciones.

- 4) Durante el periodo de muestreo la pesca de post-larvas silvestres de camarón por arrastre, era una actividad permitida en el país, y ya que “la pesca de arrastre ocasiona el arado de los sedimentos blandos y altera la dinámica sedimentaria natural”[58] y en general esta actividad causa gran impacto a todo el ecosistema marino[59]. Actualmente la pesca de arrastre está prohibida en el Ecuador desde el año 2012 motivo por el cual se recomienda un nuevo estudio de este tipo para constatar posibles cambios.

- 5) También sería interesante observar las diferencias en biomasa de la meiofauna entre este estudio realizado durante un fenómeno de la Niña y un periodo anual normal.

ANEXOS

ANEXO A- GRÁFICOS DE FLUCTUACIÓN TEMPORAL DE LAS VARIABLES AMBIENTALES.



Fuente:[9]

ANEXO C – DENSIDAD NEMATODOS

GÉNERO	Individuos /10cm ²											
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
<i>Ceramonema</i>	107,52	252	31,88	132,84	42	158,4	35,75	37,9	342,9	303,4	89,47	54,72
<i>Rhynchonema</i>	72,96	108	366,62	58,32	49	242,88	114,4	227,4	38,1	11,1	3,89	136,8
<i>Daptonema</i>	26,88	36	167,37	12,96	14	211,2	393,25	83,38	144,78	14,8	112,81	91,2
<i>Metachromadora</i>	46,08	7,2	0	29,16	101,5	95,04	57,2	45,48	30,48	3,7	35,01	328,3
<i>Metadesmolaimus</i>	49,92	79,2	79,7	16,2	70	10,56	21,45	22,74	30,48	7,4	0	27,36
<i>Paradontophora</i>	19,2	28,8	0	9,72	0	21,12	7,15	15,16	30,48	14,8	77,8	54,72
<i>Paramonohystera</i>	19,2	14,4	55,79	16,2	0	116,16	35,75	7,58	7,62	0	0	91,2
<i>Gonionchus</i>	3,84	0	31,88	3,24	14	31,68	7,15	189,5	0	3,7	0	0
<i>Paracyatholaimus</i>	11,52	50,4	7,97	22,68	10,5	63,36	7,15	37,9	15,24	0	11,67	9,12
<i>Microlaimus</i>	11,52	21,6	0	3,24	3,5	10,56	0	7,58	60,96	0	50,57	54,72
<i>Omicronema</i>	3,84	57,6	23,91	9,72	0	31,68	7,15	37,9	15,24	3,7	3,89	36,48
<i>Viscosia</i>	0	21,6	15,94	3,24	14	0	14,3	15,16	15,24	0	0	18,24
<i>Odontanticoma</i>	3,84	28,8	0	6,48	0	21,12	0	22,74	22,86	0	0	0
<i>Neochromadora</i>	0	0	7,97	0	28	31,68	0	0	0	0	0	9,12
<i>Halalaimus</i>	0	0	0	0	3,5	10,56	7,15	0	0	3,7	3,89	0
<i>Enoplolaimus</i>	3,84	0	7,97	0	0	0	7,15	0	0	0	0	0
<i>Camacolaimus</i>	0	0	0	0	0	0	0	7,58	0	0	0	0
<i>Bathylaimus</i>	0	7,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ditlevsenella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	7,62	0	0	0
<i>Eumorpholaimus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,7	0	0
<i>Anoplostoma</i>	3,84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptolaimus</i>	0	7,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUMA total mes	384	720	797	324	350	1056	715	758	762	370	389	912

ANEXO E - ORGANIZACIÓN TAXONÓMICA DE LOS NEMATODOS E ÍNDICE DE BOGERS

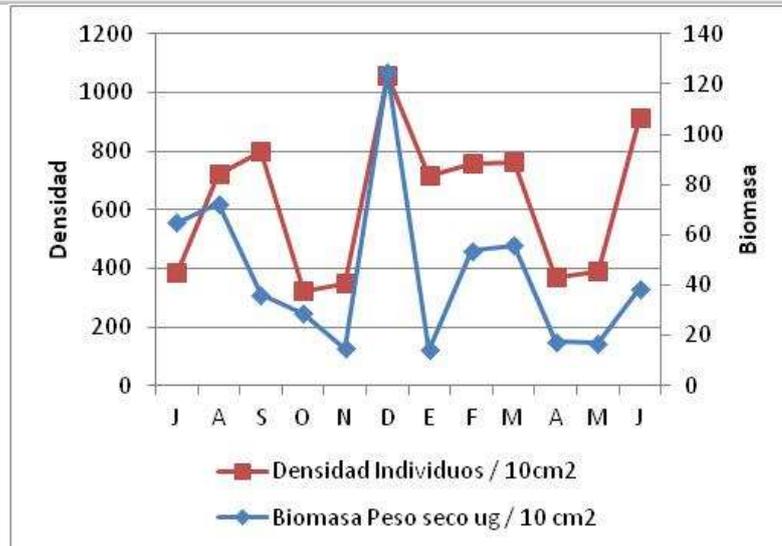
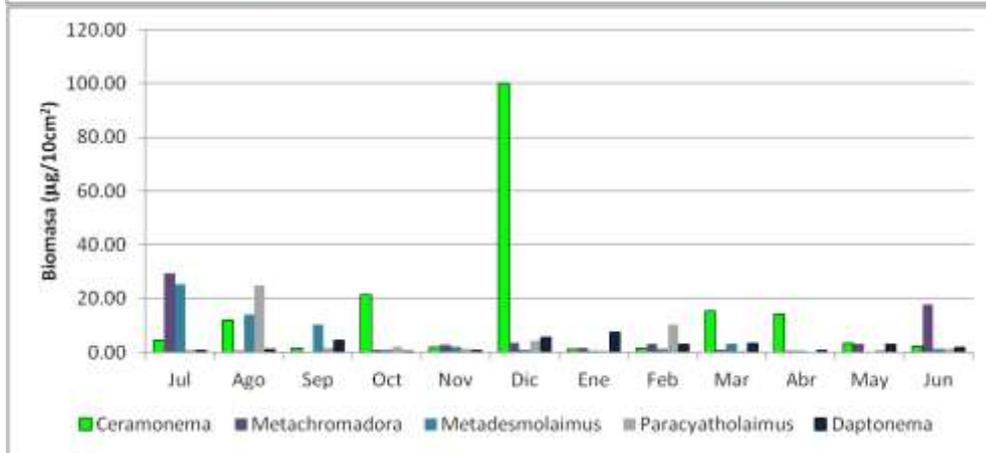
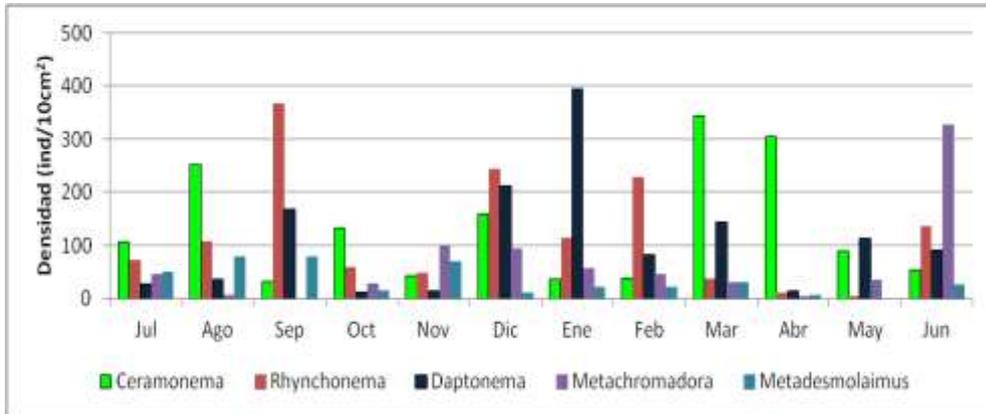
Phylum Nematoda organización taxonómica de los géneros encontrados.							Índice de Bogers
Género	Clase	Subclase	Orden	Suborden	superfamilia	Familia	
<i>Anoplostoma</i>	Adenophorea	Enoplia	Enoplida	Enoplina	Enoploidea	Anoplostomatidae	2
<i>Bathylaimus</i>	Adenophorea	Chromadoria	Araeolaimida	Tripyloidina	Tripyloidoidea	Tripyloididae	2
<i>Camacolaimus</i>	Adenophorea	Chromadoria	Plectida		Camacolaimoidea	Camacolaimidae	3
<i>Ceramonema</i>	Adenophorea	Chromadoria	Chromadorida	Leptolaimina		Ceramonematidae	3
<i>Daptonema</i>	Adenophorea	Chromadoria	Monhysterida	Monhysterina	Sphaerolaimoidea	Xyalidae	2
<i>Ditlevsenella</i>	Adenophorea	Enoplia	Enoplida	Enoplina	Oncholaimoidea	Enchelidiidae	4
<i>Enoplolaimus</i>	Adenophorea	Enoplia	Enoplida	Enoplina	Enoploidea	Thoracostomopsidae	2
<i>Eumorfolaimus</i>	Adenophorea	Chromadoria	Monhysterida	Linhomoeina	Siphonolaimoidea	Linhomoeidae	2
<i>Gonionchus</i>	Adenophorea	Chromadoria	Monhysterida	Monhysterina	Sphaerolaimoidea	Xyalidae	2
<i>Halalaimus</i>	Adenophorea	Enoplia	Enoplida	Ironina	Ironoidea	Oxystominidae	4
<i>Leptolaimus</i>	Adenophorea	Chromadoria	Plectida		Leptolaimoidea	Leptolaimidae	3
<i>Metachromadora</i>	Adenophorea	Chromadoria	Desmodorida	Desmodorina	Desmodoroidea	Desmodoridae	3
<i>Metadesmolaimus</i>	Adenophorea	Chromadoria	Monhysterida	Monhysterina	Sphaerolaimoidea	Xyalidae	2
<i>Microlaimus</i>	Adenophorea	Chromadoria	Desmodorida	Desmodorina	Microlaimoidea	Microlaimidae	3
<i>Neochromadora</i>	Adenophorea	Chromadoria	Chromadorida	Chromadorina	Chromadoroidea	Chromadoridae	3
<i>Odontanticoma</i>	Adenophorea	Enoplia	Enoplida	Enoplina	Enoploidea	Anticomidae	2
<i>Omicronema</i>	Adenophorea	Chromadoria	Monhysterida	Monhysterina	Sphaerolaimoidea	Xyalidae	2
<i>Paracyatholaimus</i>	Adenophorea	Chromadoria	Chromadorida	Chromadorina	Chromadoroidea	Cyatholaimidae	3
<i>Paradontophora</i>	Adenophorea	Chromadoria	Araeolaimida		Axonolaimoidea	Axonolaimidae	2
<i>Paramonhystera</i>	Adenophorea	Chromadoria	Monhysterida	Monhysterina	Sphaerolaimoidea	Xyalidae	2
<i>Rhynchonema</i>	Adenophorea	Chromadoria	Monhysterida	Monhysterina	Sphaerolaimoidea	Xyalidae	2
<i>Viscosia</i>	Adenophorea	Enoplia	Enoplida	Enoplina	Oncholaimoidea	Oncholaimidae	4

ANEXO F - PORCENTAJE DE SIMILITUDES (SIMPER) PARA LA DENSIDAD DE MEIOFAUNA Y NEMATODOS

Estación Seca		E. Seca vs E. Lluviosa	
Promedio de similitud: 77.99		Promedio de disimilitud 21,28%	
Especies	Contribución%	Especies	Contribución%
Nematoda	66,43	Nematoda	31,39
Platyhelminthes	13,36	Gastrotricha	19,47
Gastrotricha	12,49	Platyhelminthes	18,8
Estación Lluviosa		Rotifera	13,06
Promedio de similitud:: 75.48		Artropoda	6,55
Especies	Contribución%	Annelida	5,39
Nematoda	73,82		
Gastrotricha	14,18		
Artropoda	5,48		

E. Seca vs E. Lluviosa		Estación Seca		Estación Lluviosa	
Promedio de disimilitud: 39.38		Promedio de similitud: 60.66		Promedio de similitud: 56.24	
Especies	Contribución%	Especies	Contribución%	Especies	Contribución%
<i>Ceramonema</i>	11.13	<i>Ceramonema</i>	18.02	<i>Ceramonema</i>	20.77
<i>Daptonema</i>	10.94	<i>Rhynchonema</i>	15.39	<i>Daptonema</i>	16.57
<i>Rhynchonema</i>	10.14	<i>Daptonema</i>	12.71	<i>Rhynchonema</i>	13.16
<i>Metachromadora</i>	7.84	<i>Metachromadora</i>	9.67	<i>Metachromadora</i>	9.22
<i>Gonionchus</i>	7.37	<i>Metadesmolaimus</i>	8.56	<i>Metadesmolaimus</i>	9.01
<i>Paramonohystera</i>	6.83	<i>Paracyatholaimus</i>	7.71	<i>Paradontophora</i>	8.29
<i>Microlaimus</i>	6.19	<i>Paramonohystera</i>	5.29	<i>Omicronema</i>	6.11
<i>Metadesmolaimus</i>	5.52	<i>Paradontophora</i>	5.11	<i>Viscosia</i>	4.14
<i>Paradontophora</i>	4.82	<i>Omicronema</i>	4.95	<i>Paracyatholaimus</i>	3.32
<i>Paracyatholaimus</i>	4.68	<i>Microlaimus</i>	4.83		
<i>Odontanticoma</i>	4.27	<i>Group Lluviosa</i>			
<i>Omicronema</i>	4.17				
<i>Viscosia</i>	3.64				
<i>Neochromadora</i>	3.57				

ANEXO G –BIOMASA Y DENSIDAD DE NEMATODOS



BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. Pech y P. Ardisson, «Diversidad en el Bentos marino-costero,» de *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán*, Yucatán, Duran R., y Méndez M, 2010, pp. 144-146.
- [2] A. McLACHLAN, "Sandy beach ecology: A review. En McLachlan A. y," *Sandy Beaches as Ecosystems.*, p. 321 – 380., 1983..
- [3] T. Senta and I. Kinoshita, "Larval and Juvenile Fishes Occurring in Surf Zones of Western Japan," *American Fisheries Society*, vol. 114, no. 4, p. 609–618, 1985.
- [4] E. Escobar, "Estado del conocimiento de las comunidades bénticas en el Golfo de México," in *Diagnóstico ambiental del Golfo de México. Volumen 1.*, México D.F., Instituto Nacional de Ecología, 2004, pp. 199-244.
- [5] R. ALLER and J. y ALLER, "Meiofauna and solute transport in marine muds," *Limnology and Oceanography*, vol. 37, pp. 1018-1033, 1992.

- [6] J. Sellanes, C. Neira and E. Quiroga, "Composition, structure and energy flux of the meiobenthos off central Chile.," *Revista Chilena de Historia Natural*, vol. 76, no. 401–415, 2003.
- [7] C. Neira, J. Sellanes, A. Soto, D. Gutierrez and V. Gallardo, "Meiofauna and sedimentary organic matter off central Chile: response to changes caused by the 1997–98 El Niño," in *Oceanologica Acta*, Chile, 2001.
- [8] D. Castillo, *Cosechando en el Mar*, vol. 1, P. d. m. d. r. costeros, Ed., Guayaquil, Guayas: Programa de manejo de recursos costeros, 2000, p. 44.
- [9] A. Calles, *Spatial and temporal patterns of meiofauna along Ecuadorian sandy beaches, with a focus on nematode biodiversity*, Ghent, Guayas, 2006, p. 200.
- [10] V. Ruiz, *Estudio preliminar de la variación anual del hiperbentos intermareal de una playa arenosa de la provincia del guayas (CENAIM-San Pedro)*, Guayaquil: ESPOL, 2002.
- [11] K. Aerts, T. Vanagt, S. Degraer, S. Guartatanga, J. F. N. Wittoeck, M. Cornejo, J. Calderon and M. Vincx, "Macrofaunal community structure and zonation of and Ecuadorian sandy beach (bay of Valdivia)," *Belgian Journal of zoology*, vol. 134, no. 1, pp. 17-24, 2004.
- [12] M. Caso, I. Pisanty and E. Ezcurra, *Diagnóstico ambiental del Golfo de México. Golfo de Mexico, Mexico, Mexico: Raúl Marcó del Pont Lalli*, 2004.
- [13] L. Domínguez, *Variación circadiana del hiperbentos de la playa arenosa de San Pedro de Manglaralto (Prov. Guayas, Ecuador): un estudio*, Guayaquil: ESPOL,

2001.

- [14] T. Pearson and R. ROSENBERG, "Feast and famine: structuring factors in," *Blackwell Scientific*, p. 373 – 395., 1978.
- [15] M. MARE, "A study of a marine benthic community with special reference to the micro-organisms.," *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, vol. 25, pp. 517-554, 1942.
- [16] O. Giere, *Meiobenthology The Microscopic Motile Fauna of Aquatic*, Hamburg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.
- [17] C. Hakenkamp, A. Morin and D. Strayer, "The functional importance of freshwater meiofauna," *Freshwater Meiofauna: biology and ecology.*, p. 321–355, 2002.
- [18] M. Vincx, "Meiofauna in marine and freshwater sediments. In G. S.," *Methods for the examination of organismal diversity in soils and sediments*, p. 187–195, 1996.
- [19] R. Herman, M. Vincx and C. Heip, "Meiofauna of the Belgian coastal waters: spatial and temporal variability and productivity," *Biological processes and translocations*, p. 41–63, 1985.
- [20] M. Shimanaga, H. Kitazato and Y. Shirayama, "Seasonal patterns of vertical distribution between meiofaunal groups in relation to phytodetritus deposition in the bathyal Sagami Bay, Central Japan," *J Oceanogr*, p. 379–387, 2000.
- [21] S. Gerlach, "On the importance of marine meiofauna for benthos communities.,"

Oecologia, vol. 6, p. 176–190, 1971.

- [22] J. Sellanes, C. Neira and E. Quiroga, "Composición, estructura y flujo energético del meiobentos frente a Chile central," *Revista Chilena de Historia Natural*, vol. 76, p. 401–415, 2003.
- [23] C. Neira and T. Höpner, "The role of *Heteromastus filiformis* (Capitellidae, Polychaeta) in organic carbon cycling," *Ophelia*, vol. 39, pp. 55-73, 1994.
- [24] K. Tenore, "Food chain pathways in detrital feeding benthic communities: a review, with new observations on sediment resuspension and detrital recycling.," *Ecology of marine benthos*, pp. 37-53, 1977.
- [25] S. Findlay and K. Tenore, "Effect of a free living marine nematode (*Dipolaimella chitwoodi*) on detrital carbon mineralization.," *Marine Ecology Progress Series*, vol. 8, pp. 161-166, 1982.
- [26] R. Aller and J. Aller, "Meiofauna and solute transport in marine muds," *Limnology and Oceanography*, vol. 37, pp. 1018-1033, 1992.
- [27] J. Aller, J. Aller and M. Green, "Benthic faunal assemblages and carbon supply along the continental shelf/shelf break-slope off Cape Hatteras, North Carolina.," *Deep-Sea Research II*, vol. 49, pp. 4599-4625, 2002.
- [28] T. Bongers and H. FERRIS, "Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. Trends in Ecology and Evolution," *Elsevier Science*, vol. 14, no. 6, pp. 224-228, 1999.
- [29] M. Scharzberger and S. Jennings, "Impacts of chronic trawling disturbance on

- meiofaunal communities.," *Marine Biology*, vol. 141, pp. 991-1000, 2002.
- [30] T. BONGERS and H. FERRIS, "Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. Trends in Ecology and Evolution," *Elsevier Science*, vol. 14, no. 6, pp. 224-228, 1999.
- [31] T. Bongers, "The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition.," *Oecología*, pp. 14-19, 1990.
- [32] T. Bongers, R. Alkemade and G. Yeates, "Interpretation of disturbance induced maturity decrease in marine nematode assemblages by means of the Maturity Index.," *Marine Ecology*, vol. 76, pp. 135-142., 1991.
- [33] L. Wright and A. Short, "Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis," *Marine Geology*, no. 56, pp. 93-118, 1984.
- [34] D. Chapman, "Sediment reworking on sandy beaches.," in *Sandy beaches as ecosystems*, Dr W Junk Publishers, 1983, pp. 45-61.
- [35] J. Piedra, *Procesos litorales en San Pedro*, Guayaquil: Tesis de Grado. Licenciado en Oceanografía, 1989.
- [36] F. Ottman, "Introducción a la Geología Marina y Litoral," in *Curso de Geología Marina. Programa de investigación y Exploración Oceanográfica*, 1972, pp. 1971-1975.
- [37] T. Parsons, Y. Maita and C. Lalli, "A manual of chemical and biological methods for seawater analysis," *Pergamon Press. Oxford*, 1984.

- [38] United Nations Environment Programme (UNEP), Convention on biological diversity. United Nations Environmental Program, Nairobi: Environmental Law and Institutions Program Activity Centre., 1992.
- [39] G. Halffter and E. Ezcurra, " ¿Qué es la biodiversidad? In: La diversidad biológica de Iberoamérica," *Acta Zoológica. CYTED-D, Instituto de Ecología, Secretaría de Desarrollo Social, México. pp.*, vol. especial, pp. 3-24, 1992.
- [40] V. Heywood, "The measurement of biodiversity and the politics of implementation.," *Systematics and conservation evaluation*, vol. 50, pp. 15-22, 1994.
- [41] J. Harper and D. Hawksworth, "Biodiversity: measurement and estimation (preface).," vol. 345, pp. 5-12, 1994.
- [42] O. Solbrig, From genes to ecosystems: a research agenda for biodiversity., Cambridge: IUBSSCOPE-UNESCO., 1991, p. 124.
- [43] E. Simpson, "Measurement of Diversity.," *Nature*, vol. 163, p. 688, 1949.
- [44] C. Shannon and W. Weaver, "A Mathematical Theory of Communication," *Bell System Technical Journal*, vol. 27, no. 3, pp. 379- 423, 1948.
- [45] M. Hill, "Diversity and Evenness: a Unifying Notation and Its Consequences.," *Ecology*, vol. 54, pp. 427-432, 1973.
- [46] E. Magurran, Measuring biological diversity, vol. 1, Oxford: Blackwell Science Ltd, 2004, p. 115.
- [47] I. Andrassy, "Die Rauminhalts- und Gewichtsbestimmung der Fadenwürmer

- (Nematoden)," *Acta Zoologica (Hungarian Academy of Science)*, vol. 2, pp. 1-15, 1956.
- [48] D. Freckman, "Parameters of the nematode contribution to ecosystems," in *Nematodes in Soil Ecosystems*, Texas, University of Texas Press, 1982, p. 220.
- [49] J. Vanaverbeke, M. Steyaert, A. Vanreusel and M. Vincx, "Nematode biomass spectra as descriptors of functional changes due to human and natural impact.," *Marine Ecology Progress Series*, vol. 249, pp. 157-170, 2003.
- [50] V. Losi, M. Moreno, L. Gaozza, L. Vezzulli, M. Fabiano and G. Albertelli, "Nematode biomass and allometric attributes as indicators of environmental quality in Mediterranean harbour (Ligurian Sea, Italy)," *Ecological indicators*, vol. 30, pp. 80-89, 2013.
- [51] W. Wieser, "Benthic studies in Buzzards Bay. II. The meiofauna.," *Limnology and Oceanography*, vol. 5, pp. 121-137, 1960.
- [52] K. Soetaert and C. Heip, "The size structure of nematode assemblages along a Mediterranean deep-sea transect," *Deep-Sea Research*, vol. 36, no. 1, pp. 93-102, 1988.
- [53] J. Juario, "Nematode species composition and seasonal fluctuation of a sublittoral meiofauna community in the German Bight," *Veröff. Inst. Meeresforsch. Brem.*, vol. 15, p. 283-337, 1975.
- [54] K. Clarke and R. Warwick, *Change in Marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*, Plymouth, UK: PRIMER-E Ltd, 2001.

- [55] R. Warwick, "A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities," *Mar.BIOL.*, vol. 92, pp. 557-562, 1986.
- [56] J. Aller and R. Aller, "Meiofauna and solute transport in marine muds," *Limnology and Oceanography*, vol. 37, pp. 1018-1033, 1992.
- [57] A. RioS, F. Fraga, F. Perez and F. Figueras, "Chemical composition of phytoplankton and Particulate," *Scientia Marina*, vol. 62, no. 3, pp. 257-271, 1998.
- [58] S. Hall, "The Effects of Fishing on Marine Ecosystems and Communities.," *Blackwell Science.*, p. 274, 1999.
- [59] Ministerio del Ambiente, Subsecretaría de Gestión Marina y Costera, "IMPACTOS AMBIENTALES PROVOCADOS POR LA PESQUERÍA DE ARRASTRE DE," Ecuador, 2013.