



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

**“DENSIDAD DE FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS COMO INDICADORES
ECOLÓGICOS EN EL SECTOR DE LOS LABORATORIOS EN LA PLAYA DE
SAN PABLO. PROVINCIA DE SANTA ELENA”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

AUTOR

VEGA AÑASCO MARCOS EDWARD

TUTOR

BLGA. ERIKA A. SALAVARRÍA PALMA, Ph.D.

LA LIBERTAD- ECUADOR

2024



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

**“DENSIDAD DE FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS COMO INDICADORES
ECOLÓGICOS EN EL SECTOR DE LOS LABORATORIOS EN LA PLAYA DE
SAN PABLO. PROVINCIA DE SANTA ELENA”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

AUTOR

VEGA AÑASCO MARCOS EDWARD

TUTOR

BLGA. ERIKA A. SALAVARRÍA PALMA, Ph.D.

LA LIBERTAD- ECUADOR

2024

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, **“Densidad de foraminíferos bentónicos como indicadores ecológicos en el sector de los laboratorios en la playa de San Pablo. Provincia de Santa Elena”**, elaborado por Marcos Edward Vega Añasco, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente



Blga. Erika A. Salavarría Palma, Ph.D.

DOCENTE TUTOR

C.I. 0912260387

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular “**Densidad de foraminíferos bentónicos como indicadores ecológicos en el sector de los laboratorios en la playa de San Pablo. Provincia de Santa Elena**”, elaborado por Marcos Edward Vega Añasco, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



Ing. Gregoria Arteaga Figueroa, M.Sc.

DOCENTE DE ÁREA

C.I. 0905937686

DEDICATORIA

A Dios por haberme guiado y acompañado a lo largo de esta carrera universitaria.

A mis padres Lucia y Marcos, a mis hermanos Ricardo y Gonzalo por haber sido ese pilar fundamental, por apoyarme en cada paso que he dado, confiando plenamente en mí.

A mis familiares y amigos por siempre haber estado alentándome y apoyándome en todo momento.

A mi abuela Matilde, por confiar en mí y estar siempre al pendiente de todo este proceso.

A mis compañeros de curso por siempre estarme alentando, apoyándome y por brindarme esa confianza de amistad sincera, especialmente: Samantha Cañar, Daniel Aguilar, Gabriela Ortega, Santiago Yugcha, Rebeca Cevallos, Alexander Vergara, Luis Machuca.

A mis amigos Nallely Valarezo, Scarlet Cruz, Milena Celleri, Steven González, Jean Sandoya, Ivan Gonzabay, Steven Moreira y Nicole Quimis por haber estado en cada uno de los momentos que más los necesitaba alentándome y demostrándome su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A las autoridades y al personal Académico de la Universidad Estatal Península de Santa

Elena por guiar mi desarrollo académico y profesional.

A la Blga. Erika Salavarría Palma, Ph.D. Tutora de tesis porque estuvo siempre

apoyándome y orientándome para llevar a cabo nuestro trabajo

Al Dr. Cardich y a la Blga. María Herminia por sus enseñanzas en los diversos aspectos.

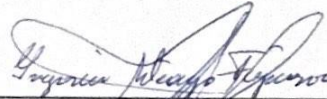
TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular por **VEGA AÑASCO MARCOS EDWARD**, como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

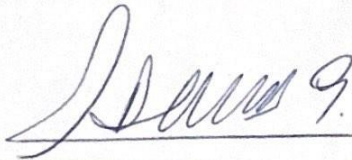
Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 16 de Julio del 2024



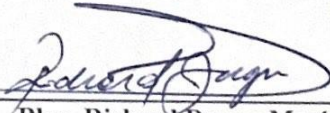
Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.
DIRECTOR DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



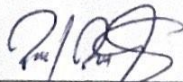
Ing. Gregoria Arteaga Figueroa, M.Sc.
DOCENTE DE ÁREA MIEMBRO DEL
TRIBUNAL



Blga. Erika A. Salavarría Palma, Ph.D.
DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blgo. Richard Duque Marín, M.Sc.
DOCENTE GUÍA DE LA UIC II
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ldo. Pascual Roca Silvestre, Mgt.
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

DECLARATORIA EXPRESA

La responsabilidad del contenido, datos, ideas y resultados expuestos en el presente Trabajo de Integración Curricular me corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma con la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE).



MARCOS EDWARD VEGA AÑASCO

C.I. 0705833036

INDICE GENERAL

Tabla de contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	PROBLEMA.....	3
3.	JUSTIFICACIÓN.....	5
4.	OBJETIVOS	8
4.1.	OBJETIVO GENERAL	8
4.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	8
5.	HIPÓTESIS.....	9
6.	MARCO TEÓRICO	10
6.1.	FORAMINÍFEROS.....	10
6.2.	TIPOS DE FORAMINIFEROS.....	11
6.2.1.	FORAMINIFEROS BENTÓNICOS	11
6.3.	FORAMINIFEROS PLANTÓNICOS	12
6.4.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS FORAMINÍFEROS	12
6.5.	CICLO DE VIDA	14
6.6.	HABITAD	15
6.7.	CONDICIONES OPTIMAS DE LOS FORAMINIFEROS.....	16
6.8.	INDICADORES ECOLOGICOS	18
6.9.	DENSIDAD.....	19
6.9.1.	Densidad Bruta	20
6.9.2.	Densidad Especifica	20
6.10.	Características ecológicas de los principales grupos de foraminíferos encontrados.....	21
6.10.1.	Ammonia	22
6.10.2.	Haynesina	23
6.10.3.	Bolivina	24
6.11.	Parámetros Físico-químicos del agua	25
6.11.1.	Salinidad.....	26
6.11.2.	Oxígeno Disuelto	26
6.11.3.	Temperatura.....	27
6.11.4.	pH.....	27
7.	MARCO METODOLÓGICO	28

7.1.	DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO	28
7.2.	METODOLOGÍA DE CAMPO.....	30
7.3.	METODOLOGÍA DE LABORATORIO.....	31
7.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	32
7.4.1.	Cálculo del Índice Foraminífero de Mateus	32
8.	RESULTADOS	34
9.	DISCUSIONES	76
10.	CONCLUSIONES.....	80
11.	RECOMENDACIONES	82
12.	BIBLIOGRAFÍAS.....	83
13.	ANEXOS	0

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zona de muestreo	32
Figura 2. Diseño experimental de las estaciones de muestreo.....	33
Figura 3. Esquema de la metodología empleada.....	34
Figura 4. <i>Ammonia Becarii</i>	100
Figura 5. <i>Ammonia sp...</i>	100
Figura 6. <i>Haynesinsa germanica</i>	101
Figura 7. <i>Bolivina sp.</i>	101

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de los pesos	35
Cuadro 2. pesos asignados para cada especie de foraminífero	38.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla # 1 Coordenadas de zona de muestreo.....	32
Tabla # 2 Foraminíferos bentónicos por muestreos	37
Tabla # 3 Promedios de los valores registrados de los parámetros ambientales por muestreos de las 8 estaciones en la playa de San Pablo	38
Tabla # 4 Foraminíferos bentónicos recolectados y su densidad específica por muestreo	45
Tabla # 5. Parámetros tomados del muestreo N°1 en las 8 estaciones.	97
Tabla # 6. Parámetros tomados en el muestreo N° 2 en las 8 estaciones.....	97
Tabla # 7. Parámetros tomados en el muestreo N° 3 en las 8 estaciones.	98
Tabla # 8 Parámetros tomados en el muestreo N° 4 en las 8 estaciones.....	98
Tabla # 9 Parámetros tomados en el muestreo N° 5 en las 8 estaciones.	99
Tabla # 10 Parámetros tomados en el muestreo N° 6 en las 8 estaciones.	99

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfico 1. Especies de foraminíferos recolectados	44
Gráfico 2. Densidad específica por muestreo	47
Gráfico 3. Correlación de Pearson entre las variables ambientales; Salinidad, pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto	55
Gráfico 4. Correlación de Pearson de <i>Ammonia Becarii</i> entre las variables ambientales; Salinidad, pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto	57
Gráfico 5. Correlación de Pearson de <i>Ammonia sp</i> entre las variables ambientales; Salinidad, pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto	60.
Gráfico 6. Correlación de Pearson de <i>Haynesina germanica</i> entre las variables ambientales; Salinidad, pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto	62.
Gráfico 7. Correlación de Pearson de <i>Bolivina sp</i> entre las variables ambientales; Salinidad, pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto	64
Gráfico 8. Abundancia de foraminíferos bentónicos en el muestreo 1	67
Gráfico 9. Toma de pH en el muestreo n°1 de las 8 estaciones	68
Gráfico 10. Toma de Salinidad en el muestreo n°1 de las 8 estaciones	68
Gráfico 11. Toma de temperatura y Oxígeno Disuelto en el muestreo n°1 de las 8 estaciones.....	69
Gráfico 12. Abundancia de foraminíferos en el muestreo 2.....	69
Gráfico 13. Toma de pH en el muestreo n°2 de las 8 estaciones	70
Gráfico 14. Toma de Salinidad en el muestreo n°2 de las 8 estaciones	70
Gráfico 15. Toma de temperatura y oxígeno disuelto.	71
Gráfico 16. Abundancia de foraminíferos bentónicos en el muestreo 3.....	72
Gráfico 17. Toma de pH en el muestreo n°3 de las 8 estaciones	73

Gráfico 18. Toma de Salinidad en el muestreo n°3.....	73
Gráfico 19. Toma de temperatura y oxígeno disuelto	74
Gráfico 20. Abundancia de foraminíferos bentónicos en el muestreo 4.....	75
Gráfico 21. Toma de pH en el muestreo n°4 de las 8 estaciones	76
Gráfico 22. Toma de Salinidad en el muestreo n°4 de las 8 estaciones	76
Gráfico 23. Toma de temperatura y oxígeno disuelto.	77
Gráfico 24. Abundancia de foraminíferos bentónicos en el muestreo 5.....	78
Gráfico 25. Toma de pH en el muestreo n°5 de las 8 estaciones	79
Gráfico 26. Toma de Salinidad en el muestreo 5... ..	79
Gráfico 27. Toma de temperatura y oxígeno disuelto en el muestreo 5... ..	80
Gráfico 28. Abundancia de foraminíferos bentónicos en el muestreo 6.....	81
Gráfico 29. Toma de pH en el muestreo 5.....	82
Gráfico 30. Toma de Salinidad en el muestreo n°5 de las 8 estaciones	82
Gráfico 31. Toma de temperatura y oxígeno disuelto del muestreo.....	83

GLOSARIO Y SIMBOLOGÍA

Calcita magnesiana. - Forma de carbonato de calcio que contiene una cantidad significativa de magnesio. Algunas especies de foraminíferos producen testas compuestas de calcita magnesiana.

Epifauna. - Se refiere a los organismos que viven en la superficie del sustrato marino, incluyendo los foraminíferos que se encuentran en la superficie de sedimentos o rocas.

Epífitas. - Son organismos que crecen sobre la superficie de las plantas, sin parasitarlas. En el caso de los foraminíferos, estos pueden colonizar algas y otros organismos marinos.

Foraminíferos aglutinados. - Son aquellos que construyen sus conchas o testas utilizando partículas del entorno, como granos de arena, fragmentos de minerales o restos orgánicos, que son unidos entre sí.

Foraminíferos calcáreos. - Son aquellos que tienen testas compuestas principalmente de carbonato de calcio (CaCO_3). Estas conchas pueden ser tanto hialinas (transparentes) como opacas.

Gránulos. - Pequeñas partículas o fragmentos que forman parte de la estructura interna de los foraminíferos o que se encuentran en su protoplasma.

Hialinos. - Aquellos con testas transparentes o translúcidas, compuestas principalmente de calcita pura.

Meiofauna. - Organismos de tamaño intermedio que habitan en los espacios intersticiales del sedimento marino, incluyendo a los foraminíferos.

Morfotipos. - Se refieren a las distintas formas y estructuras que presentan estos organismos. Estas variaciones pueden estar asociadas a adaptaciones ecológicas específicas y son útiles para la identificación y clasificación de especies.

Oligoelementos. - Son elementos químicos presentes en muy pequeñas cantidades pero que son esenciales para el crecimiento y desarrollo de los organismos. En foraminíferos, la composición de oligoelementos en sus testas puede proporcionar información sobre las condiciones ambientales pasadas.

Prolóculo. - Primera cámara formada durante el desarrollo de un foraminífero. Es esencial en la identificación y clasificación de estos organismos.

Protoplasma. - Sustancia viviente dentro de la célula de los foraminíferos, incluyendo el citoplasma y el núcleo. Es el material donde se llevan a cabo la mayoría de las funciones vitales del organismo.

Quitinosos. - Las testas quitinosas son aquellas compuestas por quitina, una sustancia orgánica resistente y flexible.

Simbiontes. - Organismos que viven en asociación estrecha con otro organismo, en una relación que puede ser mutualista, comensalista o parasitaria. En el caso de los foraminíferos, estos pueden albergar algas fotosintéticas como simbiontes.

ABREVIATURAS

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible.

mm: Milímetro.

UPS: Unidades Prácticas de Salinidad.

g: Gramos.

eDNA: ADN ambiental.

µm: Micrómetro

“Densidad de foraminíferos bentónicos como indicadores ecológicos en el sector de los laboratorios en la playa de San Pablo. Provincia de Santa Elena”

Autor: Marcos Edward Vega Añasco

Tutor: Blga. Erika A. Salavarría Palma, Ph.D.

RESUMEN

Los foraminíferos bentónicos son microorganismos marinos unicelulares con conchas cuyo tamaño promedio varía entre 150 a 200 μm . Estas conchas pueden ser orgánicas, aglutinadas o calcáreas, y están formadas por cámaras conectadas por forámenes, de donde proviene su nombre. Estos organismos viven en diversos niveles del océano, desde profundidades superiores a 10 000 metros hasta zonas sometidas a sequedad intermitente. El presente trabajo de titulación se llevó a cabo en la playa de San Pablo, Ecuador, donde se evaluó la densidad poblacional de foraminíferos bentónicos como indicador ecológico. Los muestreos se realizaron en un área de 700 metros lineales, estableciéndose ocho estaciones, con una separación entre cada estación de 100 metros. Se realizó un total de 6 muestreos entre los meses de marzo a mayo de 2024. Se recolectaron un total de 144 muestras, dando como resultado 244 individuos. La densidad poblacional resultante fue de 0,35 individuos/metro, se registró parámetros fisicoquímicos, obteniendo como promedios de pH (7,98), salinidad (31 ups), temperatura (26,7 °C) y oxígeno (6,17 mg/l). Se calculó la densidad específica o ecológica por muestreo, el muestreo cuatro obtuvo la mayor densidad específica o ecológica con 0,064 individuos/metro mientras que el muestreo cinco es el que tiene menor densidad con valores de 0,051 individuos/metro. Los resultados indicaron que la playa de San Pablo, en el sector estudiado cercano a los laboratorios de larvicultura, presentó una transición a condiciones de estrés según el índice Foram. Se identificó *especies Ammonia Becarii*, *Ammonia sp.* *Haynesina germanica* y *bolivina sp.* Estas especies tienen características específicas que les permiten adaptarse a diversas condiciones ambientales, desde alta profundidad y bajos niveles de oxígeno.

Palabras claves: Foraminíferos bentónicos, Densidad, Indicador ecológico, Bioindicadores.

“Density of Benthic Foraminifera as Ecological Indicators in the Laboratories Sector on San Pablo Beach, Province of Santa Elena”

Author: Marcos Edward Vega Añasco

Tutor: Blga. Erika A. Salavarría Palma, Ph.D.

Abstract

Benthic foraminifera are unicellular marine microorganisms with shells whose average size ranges from 150 to 200 μm . These shells can be organic, agglutinated, or calcareous, and are composed of chambers connected by foramina, from which their name is derived. These organisms live at various levels of the ocean, from depths exceeding 10,000 meters to zones subject to intermittent dryness. This degree project was carried out on San Pablo Beach, Ecuador, where the population density of benthic foraminifera was evaluated as an ecological indicator. Sampling was conducted over an area of 700 linear meters, establishing eight stations, each separated by 100 meters. A total of six samplings were conducted between March and May 2024. A total of 144 samples were collected, resulting in 244 individuals. The resulting population density was 0.35 individuals per meter. Physicochemical parameters were recorded, with average values of pH (7.98), salinity (31 ups), temperature (26.7 $^{\circ}\text{C}$), and oxygen (6.17 mg/l). Specific or ecological density per sampling was calculated; the fourth sampling had the highest specific or ecological density with 0.064 individuals per meter, while the fifth sampling had the lowest density with values of 0.051 individuals per meter. The results indicated that San Pablo Beach, in the area studied near the larviculture laboratories, showed a transition to stress conditions according to the Foram index. The identified species were *Ammonia becarii*, *Ammonia sp.*, *Haynesina germanica*, and *Bolivina sp.* These species have specific characteristics that allow them to adapt to various environmental conditions, from high depths to low oxygen levels.

Key words: Benthic foraminifera, Density, Ecological indicator, Bioindicators.

1. INTRODUCCIÓN

Los foraminíferos bentónicos son microorganismos marinos unicelulares, han emergido como indicadores potenciales de la salud ambiental y de las condiciones ecológicas en los ecosistemas marinos costeros. Se caracterizan por poseer un protoplasma y una conchilla, cuyo tamaño promedio varía entre 150 a 200 μm (Figueroa et al., 2005). Estas conchas que poseen pueden ser orgánicas, aglutinadas o calcáreas y están formadas por cámaras conexas por poros denominados forámenes (foramina) y que es la peculiaridad que les proporciona el nombre (Calongue et al., 2001). Viven en todos los niveles de las aguas oceánicas, habiéndose documentado tanto en lechos marinos a profundidades superiores a 10 000 metros, como en áreas sujetas a episodios intermitentes de sequedad (Culver, 1993).

La confirmación de la presencia de especies capaces de sobrevivir a profundidades significativas en el lecho marino generó una modificación en la perspectiva de la ecología de los foraminíferos bentónicos. La fuerza del agua es crucial en áreas poco profundas, ya que influye en el tipo de sustrato (duro o blando) y la disposición de los nutrientes. La salinidad, turbidez, el nivel de acidez, las corrientes y la sedimentación pueden influir, a nivel local en las poblaciones de los foraminíferos (Nuñez, 2017). Por ello, han sido empleados con variados propósitos como indicadores biológicos de características oceanográficas y ambientales, debido a su alta sensibilidad ecológica. Estos microorganismos poseen ciclos vitales de corta

duración y sus conchas, que permanecen en los sedimentos, proporcionando un registro altamente preciso de los cambios ocurridos a lo largo del tiempo (Hallock,2012).

Los foraminíferos se destacan como uno de los escasos conjuntos de seres vivos, tanto en su forma fósil como contemporánea, que logran habitar en todas las zonas del entorno marino: costeras, de aguas cercanas a la costa y en los medios marinos abiertos. La distribución de estos organismos se encuentra determinada por una serie de factores diversos que se hallan conectados entre sí (Nuñez,2017).

Estudios realizados en Ecuador por Gualancañay (2006), específicamente en la bahía de Santa Elena, reporto la presencia de algunas especies, entre ellas *Quinqueloculina lamarckiana*, *Cibicides aknerianus* y *Cibicides bertheloti*, analizando parámetros físico-químicos que podrían ser los causantes de una baja población.

El presente trabajo de titulación se centra en la evaluación de la densidad poblacional de foraminíferos bentónicos en el área de los laboratorios en la playa de San Pablo, provincia de Santa Elena, con el propósito de analizar su utilidad como indicadores ecológicos; a través de un análisis minucioso de la población de foraminíferos bentónicos, en relación con las condiciones medioambientales.

2. PROBLEMA

La investigación sobre la densidad de foraminíferos bentónicos como indicadores ecológicos en el sector de los laboratorios en la playa de San Pablo, provincia de Santa Elena, se enmarca en un contexto sobre la necesidad del uso de instrumentos y metodologías dirigidas al estudio de la ecología de estos organismos; así como de su rol dentro de ecosistemas. Sin embargo, la comprensión de como estos cambios afectan específicamente a la comunidad de foraminíferos bentónicos en el área de estudio, es limitada; lo que implica un deficiente conocimiento para la conservación de los ecosistemas costeros de importancia en el crecimiento económico, evidenciado a través de la matriz productiva del país (Pulgarín-Sánchez, R.J. & Mora-Coello, R.A. 2022)

Los foraminíferos bentónicos exhiben ciertas cualidades que los hacen sobresalir, son buenos indicadores de las condiciones ambientales ya que se puede inferir aspectos climáticos y oceanográficos, reflejadas en la composición isotópica de sus testas (Santa Rosa, 2013). Estas características incluyen una distribución geográfica amplia, ciclos de vida de corta duración, necesidades ecológicas específicas y la capacidad de ofrecer información sobre las condiciones ambientales en un periodo de tiempo concreto mediante sus microhábitats (Alve & Nagy, 1986).

De lo anterior indicado, el análisis de los foraminíferos bentónicos puede proporcionar una valiosa información para evaluar los resultados de las actividades humanas en el área de estudio. Por lo tanto, es esencial informar a los responsables de la toma de decisiones y al público en general sobre la importancia de conservar las funciones ecológicas de los ecosistemas para el bienestar humanos (Balvanera-Levy y Cotler, 2007).

La deficiente información sobre la dinámica de los foraminíferos bentónicos, en relación con las condiciones ambientales y climáticas en este sector de la playa de San Pablo, ponen en riesgo la sostenibilidad económica y ecológica de la localidad. No obstante, estudios como el presente documento constituye un esfuerzo logístico y técnico científico para reportar el estado actual en la salud ecológica de un sector tan importante como es la zona de los laboratorios de larvas y por las actividades turísticas que se desarrollan en la misma zona.

3. JUSTIFICACIÓN

La playa de San pablo alberga una rica diversidad de especies marinas y los foraminíferos bentónicos son una parte integral de esta comunidad. Estos microorganismos desempeñan roles ecológicos importantes en la cadena alimentaria y en el ciclo de nutrientes. Las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo de la variabilidad tanto cualitativa como cuantitativa de las especies de foraminíferos bentónicos (Gualancañay, 1998; Aramayo et al.; 2021; Díaz,2023).

Las áreas litorales, al estar en cercanía con el continente, experimentan un continuo estrés ambiental (Cesar,2003). Estudiar su densidad proporciona información crucial para evaluar la salud del ecosistema marino local y por lo tanto contribuye a la conservación de la biodiversidad.

La investigación sobre la salud del ecosistema marino, a través de la densidad de foraminíferos, puede contribuir a la promoción del turismo sostenible al demostrar el compromiso de la región con la conservación ambiental y la protección de sus recursos naturales, lo que a su vez puede beneficiar a la economía local debido a que esta actividad, como es el turismo en la provincia de Santa Elena, que en días festivos como por ejemplo los carnavales genera alrededor de 30 millones por día (El Universo, 2024).

Desde el punto de vista económico, la playa de San Pablo es un importante recurso turístico para la provincia de Santa Elena. La actividad pesquera, el turismo y otras industrias locales, como la producción de larvas de camarón, dependen en gran medida de las óptimas condiciones de este ecosistema marino-costero. La demanda de la industria de la cría de camarones en la actualidad es de 6 000 millones de Post Larvas al mes, con un precio que oscila entre USD 2.70 y USD 3 por cada mil unidades (Mendoza, 2018).

Este trabajo de titulación sobre foraminíferos bentónicos como indicadores ecológicos proporciona datos valiosos que pueden ayudar a garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las actividades de los laboratorios para el cultivo de larvas de camarón blanco en la provincia, debido a que se ha reportado que estos organismos pueden reaccionar rápidamente a las condiciones ambientales tanto locales como globales, su gran abundancia y la variedad de respuestas que muestran ante diferentes contaminantes marinos los hacen excelentes indicadores ambientales (Yanko et al., 1999).

Adicionalmente, mediante este trabajo de titulación se pretende contribuir con el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS, entre ellos el ODS 17 sobre “Vida Submarina”, ya que los medios de vida de más de 3 000 millones de personas dependen de la biodiversidad marina y costera, la cual se ve amenazada;

el presente estudio contribuirá a mejorar el conocimiento sobre la conservación de los recursos marinos y sobre los desafíos actuales (ONU & CEPAL, 2018).

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la densidad de foraminíferos bentónicos, a través del cálculo del tamaño de su población, para su uso como bioindicador.

4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar las especies de foraminíferos bentónicos mediante la observación estéreomicroscópica y guías taxonómicas.
- Calcular la densidad poblacional de foraminíferos bentónicos mediante los tipos de densidad bruta y específica o ecológica.
- Establecer las especies de foraminíferos bentónicos reportadas como bioindicadores, para la estimación de la calidad ecológica en el sector de los laboratorios en la playa de San Pablo.

5. HIPÓTESIS

HO: La densidad de foraminíferos bentónicos en el sector de los laboratorios en la playa de San Pablo, provincia de Santa Elena, se correlaciona como indicador con la salud ecológica.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. FORAMINÍFEROS

Son organismos unicelulares, marinos bentónicos y planctónicos caracterizados por poseer un protoplasma y una conchilla, cuyo tamaño promedio varía entre 150 a 200 μm y que de acuerdo a su composición de su caparazón se clasifican en 4 grupos: quitinosos, calcáreos, silíceos y aglutinados (Figueroa, Marchant, Giglio, & Ramírez, 2005).

Los foraminíferos bentónicos, pertenecientes al phylum Chromista y la clase Foraminifera (D'ORBIGNY, 1826), son microorganismos unicelulares protozoarios que principalmente habitan en los sedimentos marinos. Aunque comparten similitudes con las amebas al poseer pseudópodos como extensiones de su célula, se distinguen de ellas debido a que sus pseudópodos tienen gránulos y están interconectados formando una red (Jones, 2014).

Los foraminíferos surgieron en los primeros tiempos de la Era Primaria, específicamente durante el período Cámbrico, sus descendientes han persistido hasta nuestros días, colonizando una amplia variedad de hábitats marinos, desde las zonas costeras con diferentes niveles de salinidad, hasta los fondos oceánicos, y desde regiones tropicales hasta los gélidos océanos Ártico y Antártico. Estos microorganismos son notables por ser uno de los pocos grupos unicelulares que

construyen y mantienen un esqueleto mineral, conocido como concha, que adopta una diversidad de formas llamativas, García, A. C., & García, J. (2001).

En cada hábitat marino se desarrolla una población particular de foraminíferos, con una composición única que permanecerá relativamente estable en lugares donde predominen condiciones ecológicas similares (Parada, 1990).

6.2. TIPOS DE FORAMINIFEROS

A continuación, se describe los tipos de foraminíferos:

6.2.1. FORAMINIFEROS BENTÓNICOS

Constituyen el grupo más numeroso de la meiofauna en diversas zonas del fondo oceánico (Gooday, 1999; Geslin et al., 2004). Su distribución está determinada por factores físicos como la batimetría, la temperatura, la cantidad de luz y la turbidez del agua; factores químicos como la salinidad y el pH; así como, factores biológicos, tales como la disponibilidad de alimentos, la competencia, y la presencia de organismos simbioses y depredadores (Loeblich y Tappan, 1964).

6.3. FORAMINIFEROS PLANTÓNICOS

Son organismos diminutos que forman parte del zooplancton marino, con un tamaño inferior a 1 mm. Se encuentran clasificados en el Filo Protozoa, la Clase Sarcodina, la Subclase Rizópoda y el Orden foraminiferida. Tienen un cuerpo blando o protoplasma contenido dentro de una concha compuesta principalmente por carbonato de calcio; esta concha presenta aberturas por las cuales emergen los reticulopodios o espinas que utilizan para flotar y alimentarse. La primera cámara en la que se forma esta concha es el prolóculo, que se sitúa en el lado dorsal o espiral, mientras que una abertura de mayor tamaño se encuentra en el lado ventral o umbilical. En algunas especies, el tamaño de esta abertura determina la capacidad de ingesta de alimentos, especialmente cuando se alimentan de zooplancton y materia orgánica en descomposición (Boltovskoy, 1963). Estos seres son útiles para comprender el origen y la trayectoria de las corrientes y volúmenes de agua. (Bé 1967, Boltovskoy 1970).

6.4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS FORAMINÍFEROS

Los foraminíferos tienen la capacidad de habitar a profundidades de hasta 30 cm dentro del sedimento (Goldstein et al., 1995), aunque la mayoría de los foraminíferos vivos se concentran en la capa superior, de 0 a 1 cm de profundidad (Alve y Murray, 2001).

Los foraminíferos cuentan con ciertas cualidades que los hacen sobresalientes como indicadores biológicos de alteraciones en el entorno y la contaminación de zonas costeras. Entre estas características se incluyen su amplia distribución, ciclos de vida breves y necesidades ecológicas específicas o el microentorno que ofrecen datos sobre las condiciones ambientales en un momento específico (Alve & Nagy, 1986).

García, A. C., & García, J. (2001) indica que la formación de la concha permite distinguir tres tipos principales de foraminíferos:

- (1) Aglutinados (también conocidos como arenáceos), en los cuales la célula genera una matriz orgánica que "aglutina" materiales, como granos minerales, espículas de esponjas, diatomeas, entre otros, disponibles en su entorno y recogidos por los pseudópodos. Muchos foraminíferos pueden elegir los materiales para construir su concha según su composición química, tamaño o forma, ya que los pseudópodos marginales que están en contacto con el sustrato tienen la capacidad de reconocerlos. Algunos foraminíferos se han especializado en seleccionar granos producidos biológicamente, como las espículas de esponjas, por ejemplo. La mayoría de los foraminíferos aglutinados cementan los elementos externos con carbonato de calcio, aunque en ausencia de este compuesto pueden utilizar cementos de sílice, hierro, orgánicos, etc. Esto es común en los foraminíferos que habitan en zonas profundas del océano, por debajo del

nivel de compensación de la calcita (el punto por debajo del cual el calcio no existe).

(2) Porcelanados, el aparato de Golgi produce agujas de calcita magnesiana, que son transportadas y acumuladas en el exterior. Estas agujas pueden servir como cemento para elementos extraños o pueden formar ellas mismas un esqueleto externo.

(3) Hialinos, la concha de estos foraminíferos se forma mediante un proceso de biomineralización que ocurre fuera del cuerpo protoplasmático. Este proceso de mineralización "in situ" está controlado por una "plantilla" orgánica que facilita el crecimiento de cristales de calcita.

6.5. CICLO DE VIDA

El tiempo que los foraminíferos pasan desde su nacimiento hasta su muerte suele ser corto, oscilando entre pocos días o semanas, aunque en los individuos de gran tamaño este ciclo puede extenderse hasta dos años. La duración del ciclo de vida en los foraminíferos está influenciada por la estrategia de vida que elijan. Aquellos de tamaño pequeño, con una concha de forma simple, tienden a adoptar una estrategia oportunista (conocida como estrategia r). Por otro lado, los individuos de mayor

tamaño y con una concha notablemente compleja siguen una estrategia de vida "conservadora" (denominada estrategia k), una rareza entre los organismos unicelulares. Esta estrategia les permite mantener una densidad de población uniforme y un crecimiento lento. (García, A. C., & García, J. ,2001).

6.6. HABITAD

Dentro de la comunidad de foraminíferos, se encuentran especies que habitan en el fondo marino, formando parte de la epifauna, o en plantas marinas, donde se adhieren como epifitos. Algunos han optado por una vida sedentaria, permaneciendo fijos a un sustrato durante toda su existencia. Un pequeño número se adhiere superficialmente. Sin embargo, la gran mayoría de los foraminíferos bentónicos se desplazan libremente sobre el sustrato utilizando pseudópodos, que pueden extenderse hasta más de dos veces el diámetro de su concha; su velocidad de desplazamiento es aproximadamente de unos centímetros por hora, y el tipo de movimiento está directamente relacionado con la forma de la concha y la ubicación de las aberturas por donde salen los pseudópodos. Por otro lado, hay foraminíferos que han adoptado un estilo de vida planctónico, flotando en las aguas y formando parte del microplancton marino. La mayoría se ubica entre 0 y 300 metros de profundidad en la columna de agua. El tipo de sustrato juega un papel crucial en la distribución de las especies bentónicas; por ejemplo, el tamaño de las partículas del lecho marino afecta la porosidad y la concentración de oxígeno disuelto entre los granos; así como influye en el tipo de vegetación que se forma en el fondo, lo que

a su vez afecta la distribución de especies epífitas (la presencia de vegetación perenne o estacional puede influir en el ciclo de vida de los foraminíferos). La energía del agua desempeña un papel significativo en áreas poco profundas, ya que afecta el tipo de sustrato (duro o blando) y la disponibilidad de nutrientes. La salinidad, turbidez del agua, pH, corrientes, tasa de sedimentación, presencia de oligoelementos y/o materia orgánica pueden influir, a nivel local, en la distribución de los foraminíferos (García, A. C., & García, J. ,2001).

6.7. CONDICIONES OPTIMAS DE LOS FORAMINIFEROS

El oxígeno que se encuentra en la composición del agua marina es esencial tanto para el proceso respiratorio como para la oxigenación de la materia orgánica en su totalidad. La cantidad de este elemento está determinada por la temperatura del medio y la cantidad de organismos vegetales y animales que participan en su producción y consumo (Boltovskoy, E, 1972).

Según ESTEBAN (1972) en su análisis de documentos en relación del oxígeno con los foraminíferos, nos indica que la escasez de oxígeno disuelto en el agua conduce a una reducción tanto cualitativa como cuantitativa en la población de Foraminíferos. Entre todos los Foraminíferos bentónicos, el género *Bolivina* muestra una mayor capacidad de adaptación a la baja oxigenación. Algunas de sus especies no solo pueden sobrevivir en niveles de oxígeno de alrededor de 0,1 ml/l

(con ligeras variaciones); sino que incluso pueden prosperar en esas condiciones, como es el caso de *Bolivina piinctata*. Otros géneros, como *Suggrunda*, *Loxostomum* y *Brizalina*, también muestran un grado similar de tolerancia, aunque su relación con *Bolivina* es tan estrecha que podrían considerarse sinónimos. Además, hay otros géneros, como *Nonionella*, *Epistominella* y *Cassidulina*, que tienen representantes capaces de soportar niveles muy bajos de oxígeno. La escasez de oxígeno disuelto también afecta la morfología de las conchas, haciéndolas más pequeñas y perdiendo su ornamentación. Contrariamente a lo que sugieren algunos manuales, los Foraminíferos aglutinados son menos tolerantes a la falta de oxígeno que los calcáreos.

La disminución de oxígeno en el agua en entornos costeros generalmente va acompañada de una disminución en el pH. Aunque el pH del agua no se ve directamente afectado por el oxígeno, la correlación entre estas dos variables evidencia la relación funcional entre el consumo de oxígeno y la producción de CO₂ (Burnett, 1997).

Dentro de los factores abióticos, tanto la salinidad como la temperatura desempeñan un papel significativo en la regulación de las poblaciones de foraminíferos en entornos marinos, los cuales pueden experimentar cambios marcados en estos parámetros, como se mencionó anteriormente. Aquellas especies que están restringidas a rangos normales de salinidad (33-37 UPS) y temperatura son

denominadas estenohalinas y estenotérmicas, respectivamente. En contraste, las especies que son capaces de tolerar una amplia gama de estos parámetros se denominan eurihalinas y euritérmicas. El oxígeno también se ha identificado como uno de los factores más relevantes que influyen en la distribución de los foraminíferos en entornos más profundos: niveles bajos de oxígeno pueden resultar beneficiosos para ciertas especies de foraminíferos, ya que pueden eliminar a depredadores y competidores metazoarios. (Bernhard & Gupta 1999).

Varios análisis que han examinado el impacto específico de las alteraciones en el pH del agua en las poblaciones de foraminíferos bentónicos indican que, frente a un rango de niveles de pH, la presencia y variedad de estos organismos tienden a disminuir en condiciones de pH más bajos. Este descenso se atribuye a la desaparición de especies de foraminíferos con conchas de calcio en la comunidad (Dias et al., 2010; Uthicke et al., 2013; Pettit et al., 2015).

6.8. INDICADORES ECOLOGICOS

Las especies indicadoras se dividen en tres categorías (McGeoch 1998, 2002): indicadores ambientales, que reflejan directamente el estado abiótico o biótico del entorno; indicadores ecológicos, que muestran el impacto de los cambios ambientales en un hábitat, comunidad o ecosistema; e indicadores de biodiversidad, que representan un taxón o la totalidad de la biodiversidad en una zona específica.

Los foraminíferos se emplean en investigaciones sobre la salud de ecosistemas marinos como indicadores del estado del ambiente en relación con la contaminación marina y su gestión (Schönfeld et al., 2012).

Dado que los foraminíferos bentónicos son organismos que abundan ampliamente, están presentes en todas partes y son altamente sensibles a las modificaciones del entorno, también pueden ser valiosos para evaluar las probables transformaciones en el ecosistema y la variedad de especies que podrían surgir debido a los fenómenos de aumento de la hipoxia costera y la acidificación de los entornos litorales (Sunyer, V. J. C. G., Bohigas, A. C., & Figuerola, C. M. T., 2).

Es necesario poseer un conocimiento profundo de la ecología de los foraminíferos bentónicos y cómo se relacionan con los factores ambientales clave. Esto se debe a que, de acuerdo con el concepto de nicho ecológico, las distribuciones locales de los foraminíferos pueden ser explicadas por el impacto individual o conjunto de factores que alcanzan niveles críticos para su subsistencia en un tiempo y lugar específicos (Murray, 2001).

6.9. DENSIDAD

Se refiere a la cantidad de individuos de una población en relación con una unidad de espacio. Esta cantidad puede medirse en términos de número de individuos,

biomasa o contenido energético. La unidad de espacio puede ser una superficie o un volumen (en ciertos casos también se usa la unidad de masa). Por ejemplo, la densidad de algunas poblaciones puede indicarse como 200 pinos por hectárea o 13 cangrejos por metro cuadrado. Los tipos de densidades se catalogan como “densidad bruta” y “densidad específica o ecológica” Granda V, S. (2016).

6.9.1. Densidad Bruta

Densidad Bruta, es el número de organismos o la biomasa de la población por unidad de espacio real. Su ecuación es la siguiente:

$$\text{No. de organismos } Db = \frac{\text{No. de organismos capturados}}{\text{Unidad de espacio}}$$

(1)

Donde, Db = densidad bruta (especie/área)

No. Org = cantidad de organismos capturados

(n=100)

6.9.2. Densidad Especifica

Densidad Especifica o Ecológica, también denominada neta y económica; es el número de organismos o la biomasa de la población por unidad de superficie o volumen que la población puede efectivamente habitar.

Número de organismo

D=

Unidad de espacio (capacidad de sostenimiento del hábitat)

Donde, D_e = densidad específica (especie/área)

6.10. Características ecológicas de los principales grupos de foraminíferos encontrados.

La ecología de los foraminíferos bentónicos incluye diversos factores ambientales que afectan su distribución y estructura comunitaria. Estos organismos son sensibles a los cambios en su entorno, lo que los hace útiles como indicadores de condiciones ecológicas. La abundancia y diversidad de los foraminíferos bentónicos dependen de la disponibilidad de materia orgánica, que es su principal fuente de alimento. Los niveles de oxígeno también son cruciales; en ambientes con bajos niveles de oxígeno, estos organismos pueden desarrollar adaptaciones únicas o experimentar respuestas al estrés (Boltovskoy, 2015).

6.10.1. Ammonia

El género *Ammonia* es común en ambientes marinos costeros y estuarinos. Las especies de este género pueden habitar una variedad de entornos sedimentarios, desde zonas intermareales hasta profundidades moderadas. Son frecuentemente encontradas en sedimentos blandos, como lodos y arenas finas, donde pueden formar parte significativa de la comunidad bentónica (Murray, 2006).

La capacidad de *Ammonia* para prosperar en ambientes con fluctuaciones de salinidad y temperatura les confiere una resiliencia significativa. Esto les permite ser resistentes a cambios ambientales, como los causados por actividades humanas o eventos naturales. Esta adaptabilidad también les permite colonizar rápidamente nuevos hábitats y competir eficientemente con otras especies bentónicas (Murray, 2006).

TAXONOMÍA:

Reino: Protista

Filo: Foraminifera

Subfilo: Sarcodina

Superclase: Granuloreticulosea

Clase: Tubothalamea

Superorden: Rotaliacea

Orden: Rotaliida

Suborden: Rotaliina

Familia: Rotaliidae

Género: *Ammonia* (Brünnich, 1772)

6.10.2. Haynesina

Haynesina es común en ambientes estuarinos y zonas intermareales. Las especies de este género pueden habitar una variedad de sedimentos, desde arenas finas hasta lodos, y son especialmente adaptables a ambientes con fluctuaciones en salinidad y temperatura (Murray, 2006).

La capacidad de *Haynesina* para prosperar en sedimentos ricos en nutrientes y su respuesta a cambios en la textura del sedimento son valiosas para estudios paleoambientales. Su presencia en registros sedimentarios proporciona información sobre condiciones ambientales pasadas, como niveles de nutrientes y dinámica de sedimentos (Murray, 2006).

Las especies de *Haynesina* muestran una notable tolerancia a variaciones en salinidad y temperatura. Esta adaptabilidad les permite sobrevivir en ambientes estresantes y variables (Alve & Murray, 1994).

TAXONOMÍA:

Reino: Protista

Filo: Foraminifera

Subfilo: Sarcodina

Superclase: Granuloreticulosea

Clase: Tubothalamea

Superorden: Rotaliacea

Orden: Rotaliida

Suborden: Rotaliina

Familia: Haynesinidae

Género: *Haynesina* (Ehrenberg, 1840)

6.10.3. Bolivina

los foraminíferos bentónicos, como *Bolivina*, son organismos unicelulares que juegan un papel crucial en los ecosistemas marinos, especialmente en la bioindicación de condiciones ambientales. Estos organismos son sensibles a factores como la temperatura del agua, la salinidad y la disponibilidad de oxígeno, lo que los convierte en valiosos indicadores paleoceanográficos (Murray, 2006). Gooday (2003) destaca que la distribución de *Bolivina* está estrechamente asociada con la calidad del sedimento y la presencia de nutrientes en el lecho marino. Su capacidad para construir cápsulas de testa calcárea les permite habitar una amplia gama de hábitats bentónicos, desde aguas someras hasta profundidades abisales, adaptándose a condiciones variables de oxigenación y turbidez.

TAXONOMÍA:

Reino: Protista

Filo: Foraminífera

Subfilo: Foraminífera

Superclase: Rhizaria

Clase: Globothalamea

Superorden: Rotaliida

Orden: Rotaliida

Suborden: Buliminina

Familia: Bolivinidae

Género: Bolivina

6.11. Parámetros Físico-químicos del agua.

Los parámetros físico-químicos proporcionan una amplia información sobre las características de los componentes químicos del agua y sus propiedades físicas, pero no brindan detalles sobre su impacto en la vida acuática. Por otro lado, los métodos biológicos ofrecen información sobre el efecto en los organismos acuáticos, pero no identifican los contaminantes responsables. Debido a esto, muchos investigadores sugieren emplear ambos métodos para evaluar adecuadamente el recurso hídrico (Orozco, et al., 2005).

6.11.1. Salinidad

La salinidad del agua de mar se refiere a la concentración de sales presentes en ella. Esta propiedad surge de la combinación de varias sales, principalmente cloruros, carbonatos y sulfatos. La sal más abundante es el cloruro de sodio, comúnmente conocido como sal de mesa, que representa el 80% del total de sales, mientras que el resto son otros minerales en diversas proporciones. Estos minerales provienen de las aportaciones de los ríos, fuentes hidrotermales submarinas y erupciones volcánicas en el lecho marino. Cuando el agua se evapora de la superficie del océano, la sal permanece, lo que, tras millones de años, ha dado a los océanos su característico sabor salado (MEDCLIC,2024).

6.11.2. Oxígeno Disuelto

De acuerdo con Diaz y Rosenberg (2008), el Oxígeno Disuelto es un indicador crucial de la salud de los ecosistemas marinos. Su carencia puede provocar condiciones hipóxicas o anóxicas, perjudicando tanto la fauna como la flora marina. Además, el oxígeno disuelto se mide usualmente en miligramos por litro (mg/L) o como porcentaje de saturación, y sus niveles son esenciales para la supervivencia de numerosas especies marinas (Rabalais, 2002).

6.11.3. Temperatura

Las propiedades térmicas del agua de mar dependen del calor que absorben de la radiación solar y del calor que liberan de vuelta a la atmósfera. La temperatura del agua de mar varía entre -2°C en las regiones polares y hasta 37°C en el mar Rojo. En comparación, las temperaturas en tierra tienen un rango más amplio, desde -68°C en Siberia hasta 56°C en el Valle de la Muerte, California. Esto demuestra el gran poder termo-estabilizador del océano, ya que el aire, la tierra y las rocas se calientan y enfrían más rápidamente que el agua. Por lo tanto, los océanos actúan como moderadores de temperatura, haciendo que en las ciudades costeras el clima sea más fresco y agradable durante el día y más cálido durante la noche debido a los procesos de calentamiento y enfriamiento del agua. Además, las sales disueltas en el agua de mar reducen su punto de congelación, lo que evita que gran parte del agua del planeta se congele (MEDCLIC,2024).

6.11.4. pH

Es una medida de la concentración de iones hidrógeno (H^+) en una solución, que se expresa en una escala logarítmica. Una solución con un pH menor a 7 es ácida, un pH de 7 es neutro y un pH mayor a 7 es básica o alcalina. El pH se calcula como el logaritmo negativo en base 10 de la concentración molar de iones hidrógeno. (Chang, R., & Goldsby, K. A., 2016)

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

7. MARCO METODOLÓGICO

7.1. DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO

A 15 km de la cabecera cantonal y a 28 km de Salinas, se localiza la comuna San Pablo. El 22 de febrero de 1938, fue reconocida como comuna peninsular. Se encuentra a pocos kilómetros de la cabecera cantonal de Santa Elena y es un punto de paso obligado en la Ruta del Sol. Su nombre honra al apóstol San Pablo, quien es el patrono del área. Anteriormente, formaba parte de los límites de la parroquia Colonche, pero hoy en día es una localidad dentro del cantón Santa Elena (El universo, 2012).

San Pablo es una comuna también reconocida porque en este sector labora un considerable número de Laboratorios de producción de larvas, los cuales se encuentran situados a lo largo de su extensa playa. Además de ser un sector turístico, el cual es visitado por turistas nacionales e internacionales.

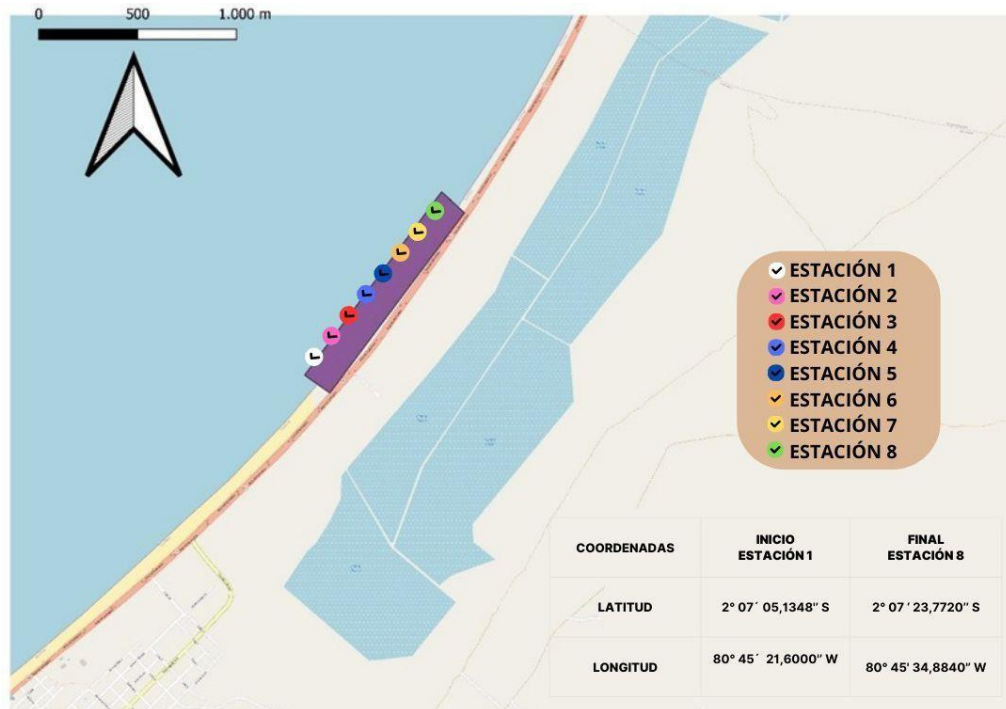


Figura 1. Zona de muestreo

Tabla 1.

Coordenadas de zona de muestreo

COORDENADAS	INICIO Estación 1	FINAL Estación 8
LONGITUD	80° 45' 21,6000" W	80° 45' 34,8840" W
LATITUD	2° 07' 05,1348" S	2° 07' 23,7720" S

7.2. METODOLOGÍA DE CAMPO

Se realizó los muestreos cada dos semanas, en la playa de San Pablo, específicamente en el sector de los laboratorios. Se desarrollo entre los meses desde marzo a mayo del 2024, en los cuales se recogió las muestras previstas. Se utilizo la metodología descrita por González et al. (1991), en la cual se establecieron ocho estaciones, en línea recta paralela a la costa, con una separación de 100 metros entre estación. En cada una de las ocho estaciones, se extrajeron tres muestras, usando un tubo de tres pulgadas de capacidad, logrando extraer la muestra de arena y seguido se tamizó con una malla de 300 μm obteniendo 50 g de sedimento (Vaquer, 2015). La muestra se extrajo donde culmina la ola, pero en baja marea entre los 5 a 10 cm de la superficie como se menciona en estudios anteriores realizados por Holmes & McIntyre (1971).

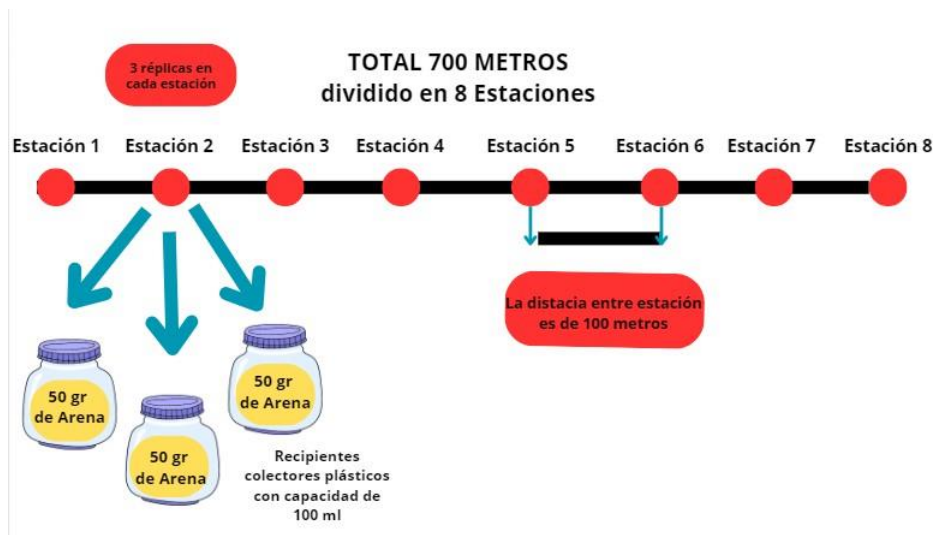


Figura 2. Diseño experimental de las estaciones de muestreo.

Fuente: Elaboración propia.

7.3. METODOLOGÍA DE LABORATORIO

Las muestras se trasladaron hasta el laboratorio de la Facultad de Ciencias del Mar en recipientes plásticos de 100 ml fijadas en formol neutralizado al 5 % (Gualancañay, 1983); teniendo como objetivo la fijación de las muestras para la identificación de foraminíferos colectados.

La identificación de las distintas especies se llevó a cabo mediante el uso de claves taxonómicas, en particular usando las guías taxonómicas elaboradas por autores como Gualancañay (1983); Murray (2006); Sen Gupta (1999) y mediante consultorías con el Ph.D Jorge Cardich del Departamento de Ciencias Biológicas y Fisiológicas en la Universidad Peruana Cayetano Heredia.



Figura 3. Esquema de la metodología empleada.

Fuente: Elaboración propia

7.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se usó el programa *Microsoft Excel*, en donde se llevó el registro de las especies colectadas. Se usó el programa *PAST 4.16* para correlacionar los parámetros físicoquímicos con los géneros de los foraminíferos bentónicos. Se realizó un análisis ecológico mediante la identificación de especies, cálculo de densidad e Índice de FoRAM (FI') usando la formula. Mateu-Vicens et al. (2014). Se modificó el FI' para utilizarlo y poder evaluar la calidad ambiental. Esta ligera modificación del índice se basa en incorporar las categorías ecológicas descritas por Mateu-Vicens et al. (2014).

El "Índice Foraminífero de Mateus" es una herramienta utilizada para evaluar la calidad ambiental y las condiciones de salubridad de los sedimentos marinos a través del análisis de foraminíferos bentónicos. Este índice se basa en la distribución y abundancia de diversas especies de foraminíferos que son sensibles a diferentes niveles de estrés ambiental, como la contaminación orgánica, la variabilidad de salinidad, y los niveles de oxígeno.

7.4.1. Cálculo del Índice Foraminífero de Mateus

El índice se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$FI' = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i * W_i)}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Donde:

- N_i es el número de individuos de la especie i .
- W_i es el peso asignado a la especie i según su tolerancia a las condiciones de estrés ambiental.
- n es el número total de especies consideradas.

Cuadro 2.

Descripción de los pesos asignados

Peso 1	foraminíferos sensibles
Peso 2	foraminíferos moderado sensible
Peso 3	foraminíferos más sensibles

Un resultado de $FI' > 4$ será indicativo de unas condiciones óptimas en el hábitat, mientras que $FI' < 2$ significa condiciones de estrés (Mateu-Vicens et al. (2014).

8. RESULTADOS

En un área de 700 metros lineales de la playa de San Pablo se identificaron un total de 244 individuos con una densidad poblacional de 0.35 individuos /metro, *Ammonia Becarii* fue la especie más abundante, representando el 40% de los individuos encontrados, mientras que *Haynesina germanica* fue la menos común, con un porcentaje de solo el 18,85%. El índice Foram indicó que se encuentra en condiciones de estrés con un valor de FI' < 2,01. Se tomó parámetros fisicoquímicos dando promedios de Ph (7,98), Salinidad (31 UPS), Oxígeno Disuelto (6,17) y temperatura (26,70 °C).

Tabla 2. Foraminíferos bentónicos por muestreos.

ESPECIES	MUESTR EO 1	MUESTR EO 2	MUESTR EO 3	MUESTR EO 4	MUESTR EO 5	MUESTR EO 6	TOTAL
<i>Ammonia becarii</i>	16	17	16	17	16	16	98
<i>Ammoni a sp.</i>	7	7	10	10	9	7	50
<i>haynesina germanica</i>	9	9	7	6	6	9	46
<i>Bolivina sp.</i>	10	8	9	12	5	6	50
TOTAL	42	41	42	45	36	38	244

Tabla 3. Promedios de los valores registrados de los parámetros ambientales por muestreos de las 8 estaciones en la playa de San Pablo.

	MUESTREO 1	MUESTREO 2	MUESTREO 3	MUESTREO 4	MUESTREO 5	MUESTREO 6	PROMEDIO TOTAL
SALINIDAD	31	32	31	31	32	31	31.33
TEMPERATURA	26,42	26,7	26,83	26,92	26,68	26,7	26,70
pH	7,9	8,08	8	8,01	8,01	7,91	7,98
OXÍGENO DISUELTO	6,53	5,75	6,28	5,77	6,96	5,74	6,17

El índice Foram (FI') con la fórmula aplicada (Mateu-Vicens et al. 2014).

$$FI' = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i * F_i)}{\sum_{i=1}^n F_i}$$

En donde:

Cuadro 1 pesos asignados para cada especie de foraminífero

Peso 1	(foraminíferos más sensibles)	<i>Haynesina germanica</i>
Peso 2	(foraminíferos moderado sensibles)	<i>Ammonia becarii</i> <i>Ammonia sp</i>
Peso 3	(foraminíferos menos sensibles)	<i>Bolivina sp.</i>

Reemplazando con los valores correspondientes sería:

$$\square\square\square = \frac{(46\square 1)+(148\square 2)+(50\square 3)}{46+148+50} = 2,01$$

Un resultado de $FI' < 2$ será indicativo de condiciones de estrés.

Por lo tanto, la zona se encuentra en un estado de transición a condiciones de estrés.

Identificación de las especies de foraminíferos bentónicos

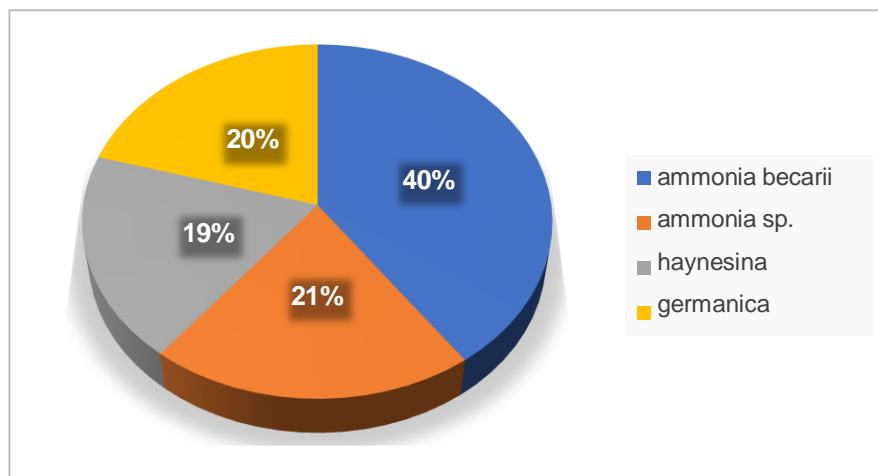


Gráfico 1. Especies de foraminíferos recolectados.

Ammonia Becarii (Linnaeus, 1758)

Ammonia becarii es reconocida por su concha (test) planispiral, que es generalmente compuesta de carbonato de calcio. Las características morfológicas

incluyen una concha de forma casi circular con cámaras que se disponen en espiral y un poro central grande. Esta morfología permite a *A. becarii* adaptarse a diversos ambientes sedimentarios (Murray, 1991).

Ammonia sp (Brünnich, 1772).

Ammonia sp. se caracteriza por sus conchas planispirales y globulares, con cámaras dispuestas en una espiral que permite una gran resistencia y adaptabilidad en diversos ambientes marinos. Este género es común en ambientes costeros y estuarinos, y es conocido por su capacidad para tolerar amplias fluctuaciones en salinidad y temperatura (Murray, 1991).

Hayneina Germanica (Ehrenberg, 1840).

Haynesina germanica se reconoce por su concha (test) biconvexa y por sus cámaras en espiral que forman una estructura plana y simétrica. Esta especie es común en estuarios y ambientes intermareales, mostrando una notable tolerancia a fluctuaciones de salinidad y temperatura (Alve & Murray, 1994).

Bolivina sp. (d'Orbigny, 1839).

Bolivina sp. es conocida por su concha (test) elongada y angulada, con cámaras dispuestas en una línea recta o ligeramente curvada. Este género se encuentra en

una variedad de ambientes marinos, desde aguas costeras hasta profundas, y es particularmente abundante en sedimentos ricos en materia orgánica (Sen Gupta, 1999).

Cálculo de la densidad poblacional y tipos de densidad bruta y específica o ecológica.

La densidad bruta estuvo dada por el número total de todos los individuos recolectados que fueron 244, en la extensión de 700 m que es el total de zona de estudio.

$$D = \frac{244 \text{ individuos}}{700 \text{ m}} = 0,35 \text{ individuos/m}$$

La densidad bruta de 0.31 individuos por metro en la zona de estudio de 700 metros sugiere que los foraminíferos bentónicos están relativamente dispersos en este hábitat.

La densidad poblacional específica o ecológica estuvo dada por muestreos, el total de individuos del muestreo sobre la extensión de la zona de estudio.

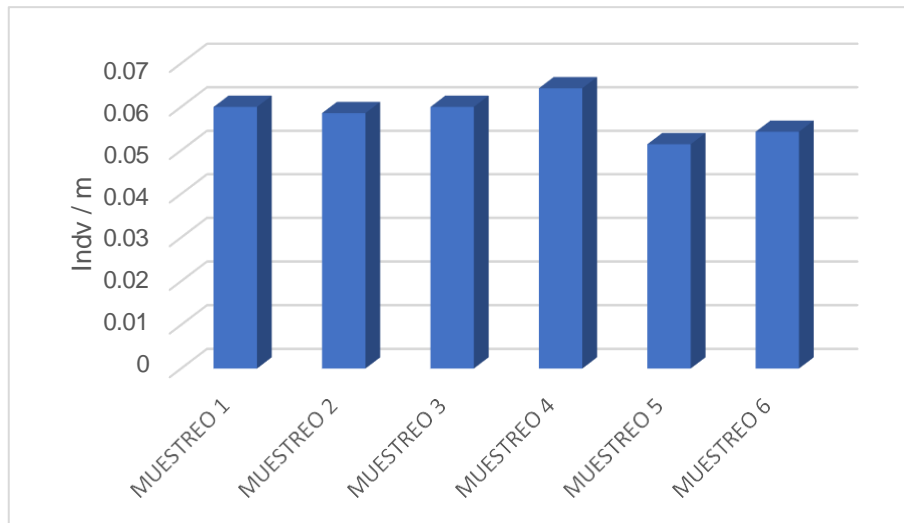


Gráfico 2. Densidad específica por muestreo.

Densidad específica de cada uno de los muestreos:

Muestreo 1

$$\square\square = \frac{42\square\square\square\square}{700\square} = 0,06\square\square\square\square/\square$$

Muestreo 2

$$\square\square = \frac{41\square\square\square\square}{700\square} = 0,05\square\square\square\square/\square$$

Muestreo 3

$$\square\square = \frac{42\square\square\square\square}{700\square} = 0,06\square\square\square\square/\square$$

Muestreo 4

$$\square\square = \frac{45\square\square\square\square}{700\square} = 0,06\square\square\square\square/\square$$

Muestreo 5

$$\square\square = \frac{36\square\square\square\square}{700\square} = 0,05\square\square\square\square/\square$$

Muestreo 6

$$\square\square = \frac{38\square\square\square\square}{700\square} = 0,05\square\square\square\square/\square$$

Tabla 4. Foraminíferos bentónicos recolectados y su densidad específica por muestreo.

	<i>Ammonia becarii</i>	<i>Ammonia sp.</i>	<i>Haynesina germanica</i>	<i>Bolivina sp.</i>	TOTAL	ESPACIO (m)	DENSIDAD ESPECÍFICA Indv/m
MUESTREO 1	16	7	9	10	42	700	0,06
MUESTREO 2	17	7	9	8	41	700	0,058571429
MUESTREO 3	16	10	7	9	42	700	0,06
MUESTREO 4	17	10	6	12	45	700	0,064285714
MUESTREO 5	16	9	6	5	36	700	0,051428571
MUESTREO 6	16	7	9	6	38	700	0,054285714

Se evidencio que mayor densidad específica o ecológica fue en el muestreo 4 con 0,064 individuos por metro mientras que en el muestreo 5 es el que tiene menor densidad con un valor de 0,051 individuos por metro para ambos sitios de muestreos.

Las especies bioindicadoras de foraminíferos que fueron halladas en el presente estudio fueron:

Ammonia Becarii:

Ammonia becarii es ampliamente utilizada como bioindicador debido a su capacidad para tolerar una variedad de condiciones ambientales, lo que la hace especialmente útil en estudios de calidad del agua y contaminación en ambientes costeros y estuarinos. Esta especie es conocida por su resiliencia en condiciones de fluctuación de salinidad y temperatura, lo que le permite sobrevivir en ambientes variables y estresantes. La adaptabilidad de *Ammonia becarii* a diferentes condiciones salinas la convierte en una especie clave para monitorear cambios ambientales en zonas intermareales y estuarinas (Murray, 1991).

Ammonia becarii es sensible a la contaminación orgánica y a los niveles de oxígeno en el sedimento, lo que la hace un indicador eficaz de la calidad del sedimento y la presencia de materia orgánica. Estudios han demostrado que las poblaciones aumentan en áreas con altos niveles de nutrientes y materia orgánica, reflejando condiciones de eutrofización. Su presencia en abundancia puede indicar niveles elevados de contaminación orgánica y baja calidad del agua, facilitando la identificación de áreas afectadas por descargas de aguas residuales y otros contaminantes (Alve, 1995).

La distribución y abundancia de *Ammonia becarii* en registros sedimentarios pueden proporcionar información valiosa sobre las condiciones ambientales pasadas, como fluctuaciones en la salinidad, la temperatura y los niveles de nutrientes. Esta especie es utilizada en estudios paleoambientales para reconstruir históricos climáticos y ambientales, ayudando a entender cómo los ecosistemas costeros han respondido a cambios naturales y antropogénicos a lo largo del tiempo (Hayward et al., 2004). Por lo tanto, el uso de *Ammonia becarii* como bioindicador es fundamental tanto para el monitoreo actual de la calidad ambiental como para la investigación de cambios históricos en los ecosistemas acuáticos.

Ammonia sp:

Ammonia sp. es un género de foraminíferos ampliamente utilizado como bioindicador debido a su capacidad para habitar una variedad de entornos marinos, desde zonas intermareales hasta profundidades moderadas. Este grupo de foraminíferos es conocido por su resistencia a fluctuaciones ambientales, como cambios en la salinidad, temperatura y disponibilidad de nutrientes. Esta adaptabilidad hace que *Ammonia sp.* sea particularmente útil en estudios de monitoreo ambiental en áreas costeras y estuarinas, donde las condiciones pueden variar significativamente (Murray, 2006).

Una de las principales razones para utilizar *Ammonia sp.* como bioindicador es su sensibilidad a la contaminación orgánica y los niveles de oxígeno en los sedimentos. Las especies de *Ammonia*, incluidas *A. tepida* y *A. beccarii*, son conocidas por su capacidad para prosperar en ambientes con alta materia orgánica y bajos niveles de oxígeno, condiciones típicas de eutrofización y contaminación (Armynot du Châtelet & Debenay, 2010). La abundancia y distribución de *Ammonia sp.* en sedimentos marinos pueden proporcionar indicaciones claras sobre la calidad del agua y los impactos de la actividad humana en estos ecosistemas.

Haynesina Germanica

Haynesina germanica se utiliza como bioindicador debido a su capacidad para adaptarse a una amplia gama de condiciones ambientales, especialmente en estuarios y zonas intermareales, donde la variabilidad de factores como la salinidad, la temperatura y la disponibilidad de nutrientes es alta. Esta especie es conocida por su tolerancia a fluctuaciones en la salinidad, lo que la hace particularmente útil en estudios de impacto ambiental en áreas estuarinas. Al ser euryhalina, *Haynesina germanica* puede sobrevivir en ambientes que van desde agua dulce hasta salobre y completamente marina (Alve & Murray, 1994).

Además, *Haynesina germanica* es sensible a los niveles de contaminación orgánica y la eutrofización, lo que la convierte en un indicador eficaz de la calidad del agua. En estudios realizados en estuarios europeos, se ha observado que la abundancia de

H. germanica aumenta en áreas con altos niveles de materia orgánica, reflejando condiciones de eutrofización y contaminación (Armynot du Châtelet & Debenay, 2010). Esta respuesta a la calidad del agua permite a los científicos utilizar esta especie para monitorear y evaluar el impacto de las actividades humanas en los ecosistemas estuarinos y costeros.

la capacidad de *Haynesina germanica* para prosperar en sedimentos ricos en nutrientes y su respuesta a cambios en la textura del sedimento también son valiosas para los estudios paleoambientales. La presencia y abundancia de *Haynesina germanica* en registros sedimentarios puede proporcionar información sobre condiciones ambientales pasadas, como niveles de nutrientes y la dinámica de sedimentos, lo que es crucial para la reconstrucción de históricos ambientales y la comprensión de los cambios ecológicos a largo plazo (Murray, 2006). Por lo tanto, el uso de *Haynesina germanica* como bioindicador es fundamental no solo para evaluar la calidad actual del ambiente acuático, sino también para investigar las condiciones ambientales históricas y predecir tendencias ecológicas futuras.

Bolivina sp.

El género *Bolivina* se utiliza ampliamente como bioindicador debido a su capacidad para tolerar una variedad de condiciones ambientales, especialmente aquellas asociadas con la contaminación orgánica y la eutrofización. Las especies de *Bolivina* son particularmente sensibles a cambios en los niveles de oxígeno y materia orgánica en el sedimento marino. *Bolivina* puede prosperar en ambientes

con bajos niveles de oxígeno, conocidos como condiciones hipóxicas, donde otras especies podrían no sobrevivir. Esto se debe a su adaptabilidad fisiológica y a su capacidad para utilizar eficientemente los recursos limitados en estos entornos (Sen Gupta, 1999).

Además, la presencia de *Bolivina* en grandes cantidades a menudo indica altos niveles de materia orgánica, lo que puede ser un signo de contaminación orgánica. En estudios realizados en el mar de Alborán, Gooday y Hughes (2002) encontraron que las comunidades de foraminíferos, incluidas las especies de *Bolivina*, se correlacionaban fuertemente con la concentración de materia orgánica en los sedimentos. Esta correlación permite a los científicos utilizar *Bolivina* como un indicador fiable de la calidad del sedimento y de la salud general del ecosistema marino. Su capacidad para reflejar cambios en la composición química del sedimento marino las hace útiles para el monitoreo ambiental y la gestión de la calidad del agua.

Finalmente, las respuestas de *Bolivina* a variaciones en la temperatura y salinidad del agua las convierten en indicadores valiosos en estudios de cambio climático y paleoclimatología. Murray (2006) destaca que el análisis de las poblaciones de *Bolivina* en registros sedimentarios puede proporcionar información sobre las condiciones ambientales pasadas, como fluctuaciones en la temperatura del agua y

la salinidad. Esto es crucial para reconstruir históricos climáticos y entender cómo los ecosistemas marinos han respondido a cambios climáticos a lo largo del tiempo. El uso de *Bolivina* como bioindicador no solo es importante para evaluar la calidad actual del ambiente marino, sino también para investigar cambios ambientales históricos y predecir futuras tendencias ecológicas.

CORRELACIONES POR ESPECIE

Ammonia becarii

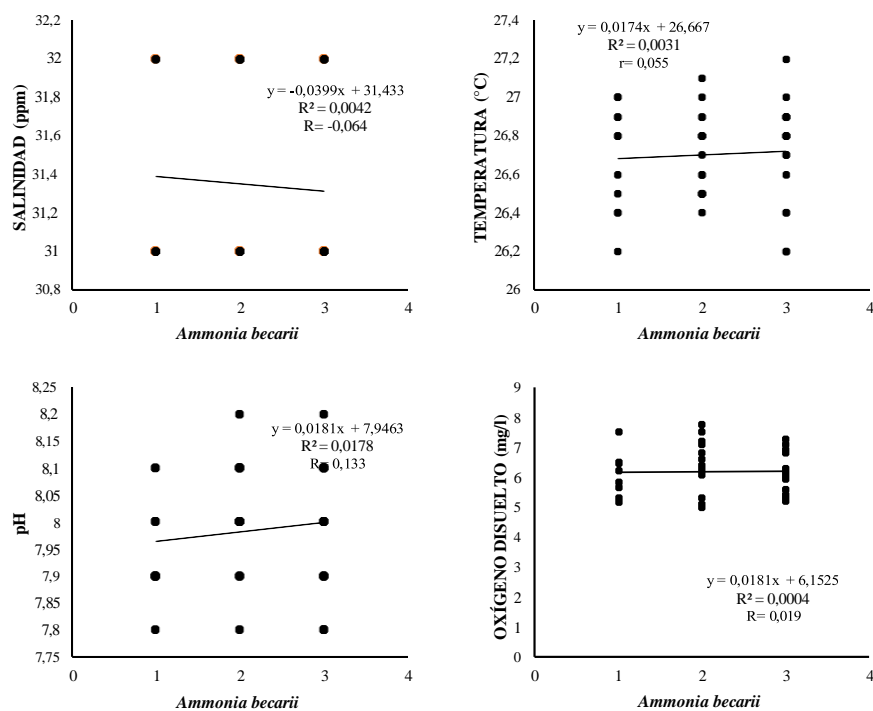


Gráfico 3. Correlación de Pearson entre las variables ambientales y la especie *Ammonia Becarii*.

Salinidad (A), Temperatura (B), pH (C), Oxígeno Disuelto (D)

Ammonia becarii vs Salinidad

El análisis revela una correlación muy débil entre la salinidad y la abundancia de *Ammonia becarii*, con un coeficiente de correlación (R) de -0.064 y un coeficiente de determinación (R^2) de 0.0042. Esto sugiere que, aunque existe una tendencia negativa mínima, donde mayores niveles de salinidad podrían estar asociados con una ligera disminución en la cantidad de *Ammonia becarii*, esta relación es casi insignificante. Solo el 0.42% de

la variabilidad en la abundancia de *Ammonia becarii* puede explicarse por la salinidad.

Ammonia becarii vs temperatura

El análisis revela una correlación muy débil entre la temperatura y la cantidad de *Ammonia becarii*, con un coeficiente de correlación (R) de 0.055 y un coeficiente de determinación (R^2) de 0.0031. Esto sugiere que, aunque existe una tendencia positiva mínima, donde mayores niveles de temperatura podrían estar asociados con un ligero aumento en la cantidad de *Ammonia becarii*, esta relación es casi insignificante. Solo el 0.31% de la variabilidad en la cantidad de *Ammonia becarii* puede explicarse por la temperatura.

Ammonia becarii vs pH

El análisis revela una correlación muy débil entre la cantidad de *Ammonia becarii* y el pH, con un coeficiente de correlación (R) de 0.133 y un coeficiente de determinación (R^2) de 0.0178. Esto sugiere que existe una tendencia positiva mínima, donde mayores niveles de pH podrían estar asociados con un ligero aumento en la cantidad de *Ammonia becarii*, pero esta relación es bastante débil. Solo el 1.78% de la variabilidad en la cantidad de *Ammonia becarii* puede explicarse por las variaciones en el pH.

Ammonia becarii vs OD

El análisis revela una correlación extremadamente débil entre la cantidad de Ammonia becarii y el nivel de oxígeno disuelto (OD), con un coeficiente de correlación (R) de 0.019 y un coeficiente de determinación (R²) de 0.0004. Esto sugiere que no hay una relación significativa entre el nivel de oxígeno disuelto y la cantidad de Ammonia becarii. Apenas el 0.04% de la variabilidad en la cantidad de Ammonia becarii puede explicarse por las variaciones en el nivel de oxígeno disuelto.

Ammonia sp.

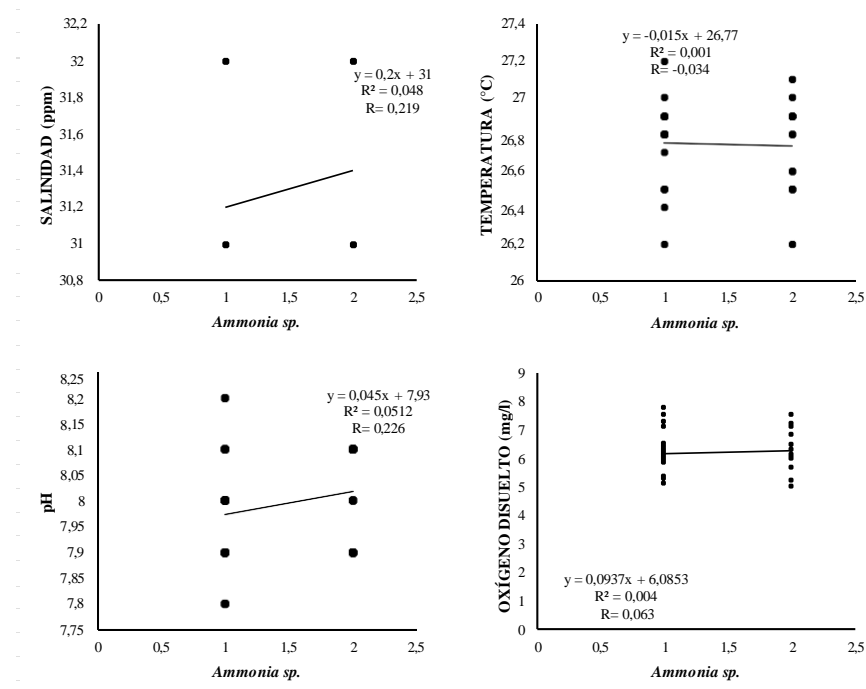


Gráfico 4. Correlación de Pearson entre las variables ambientales y la especie *Ammonia sp.*

Salinidad (A), Temperatura (B), pH (C), Oxígeno Disuelto (D)

***Ammonia sp* vs salinidad:** El análisis revela una correlación débil entre la cantidad de *Ammonia sp.* y la salinidad, con un coeficiente de correlación (R) de 0.219 y un coeficiente de determinación (R²) de 0.048. Esto sugiere que hay una ligera tendencia positiva, donde mayores niveles de salinidad podrían estar asociados con un aumento en la cantidad de *Ammonia becarii*, pero esta relación sigue siendo bastante débil. Solo el 4.8% de la variabilidad en la cantidad de *Ammonia becarii* puede explicarse por las variaciones en la salinidad.

***Ammonia sp.* vs temperatura:** El análisis revela una correlación extremadamente débil y negativa entre la cantidad de *Ammonia sp.* y la temperatura, con un coeficiente de correlación (R) de -0.034 y un coeficiente de determinación (R²) de 0.001. Esto sugiere que no hay una relación significativa entre la temperatura y la cantidad de *Ammonia sp.*, y cualquier tendencia negativa es mínima. Apenas el 0.1% de la variabilidad en la cantidad de *Ammonia sp.* puede explicarse por las variaciones en la temperatura.

***Ammonia sp* vs pH:** El análisis revela una correlación débil entre la cantidad de *Ammonia sp.* y el pH, con un coeficiente de correlación (R) de 0.226 y un coeficiente de determinación (R²) de 0.0512. Esto sugiere que existe una tendencia positiva mínima, donde mayores niveles de pH podrían estar asociados con un ligero aumento en la cantidad de *Ammonia sp.*, pero esta relación es débil. Solo el

5.12% de la variabilidad en la cantidad de Ammonia sp. puede explicarse por las variaciones en el pH.

Ammonia sp. vs OD: El análisis revela una correlación muy débil entre la cantidad de Ammonia sp. y el nivel de oxígeno disuelto (OD), con un coeficiente de correlación (R) de 0.063 y un coeficiente de determinación (R²) de 0.004. Esto sugiere que no hay una relación significativa entre el nivel de oxígeno disuelto y la cantidad de Ammonia sp., y cualquier tendencia positiva es mínima. Apenas el 0.4% de la variabilidad en la cantidad de Ammonia sp. puede explicarse por las variaciones en el nivel de oxígeno disuelto.

Haynesina germanica

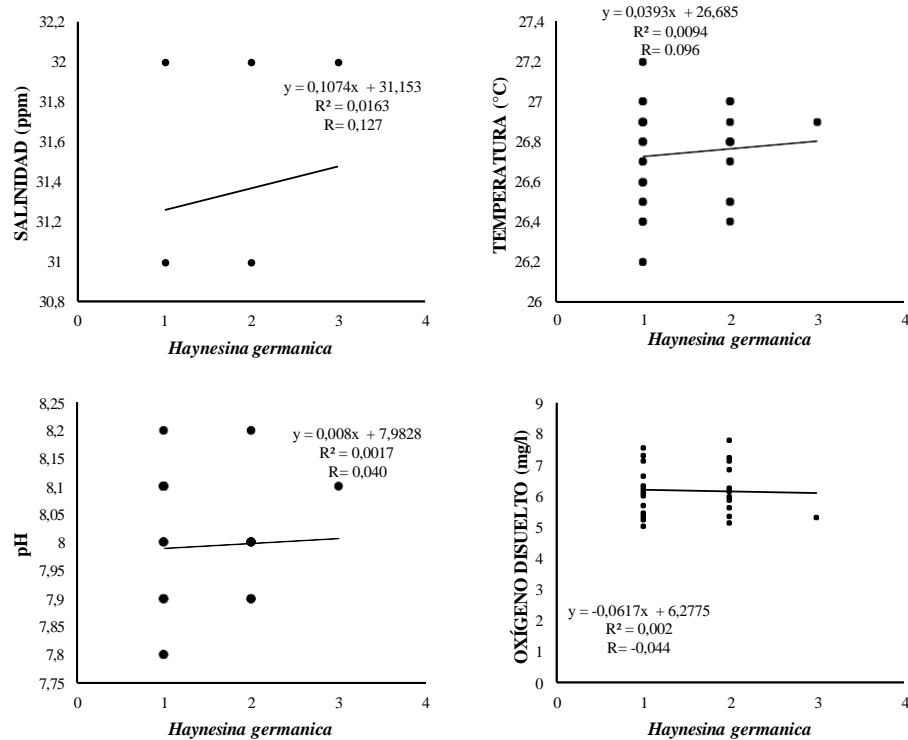


Gráfico 5. Correlación de Pearson entre las variables ambientales y la especie *Haynesina germanica* Salinidad (A), Temperatura (B), pH (C), Oxígeno Disuelto (D)

Haynesina germánica vs Salinidad: El análisis revela una correlación muy débil entre la cantidad de *Haynesina germanica* y la salinidad, con un coeficiente de correlación (R) de 0.127 y un coeficiente de determinación (R²) de 0.0163. Esto sugiere que existe una tendencia positiva mínima, donde mayores niveles de salinidad podrían estar asociados con un ligero aumento en la cantidad de *Haynesina germanica*, pero esta relación es bastante débil. Solo el 1.63% de la variabilidad en la cantidad de *Haynesina germanica* puede explicarse por las variaciones en la salinidad.

Haynesina germánica vs Temperatura: El análisis revela una correlación muy débil entre la cantidad de Haynesina germanica y la temperatura, con un coeficiente de correlación (R) de 0.096 y un coeficiente de determinación (R^2) de 0.0094. Esto sugiere que existe una tendencia positiva mínima, donde mayores niveles de temperatura podrían estar asociados con un ligero aumento en la cantidad de Haynesina germanica, pero esta relación es bastante débil. Solo el 0.94% de la variabilidad en la cantidad de Haynesina germanica puede explicarse por las variaciones en la temperatura.

Haynesina germánica vs pH: El análisis revela una correlación extremadamente débil entre la cantidad de Haynesina germanica y el pH, con un coeficiente de correlación (R) de 0.040 y un coeficiente de determinación (R^2) de 0.0017. Esto sugiere que no hay una relación significativa entre el pH y la cantidad de Haynesina germanica, y cualquier tendencia positiva es mínima. Apenas el 0.17% de la variabilidad en la cantidad de Haynesina germanica puede explicarse por las variaciones en el pH.

Haynesina germánica vs OD: El análisis revela una correlación extremadamente débil y negativa entre la cantidad de Haynesina germanica y el nivel de oxígeno disuelto (OD), con un coeficiente de correlación (R) de -0.044 y un coeficiente de determinación (R^2) de 0.002. Esto sugiere que no hay una relación significativa entre el nivel de oxígeno disuelto y la cantidad de Haynesina germanica, y cualquier

tendencia negativa es mínima. Apenas el 0.2% de la variabilidad en la cantidad de *Haynesina germanica* puede explicarse por las variaciones en el nivel de oxígeno disuelto.

Bolivina sp.

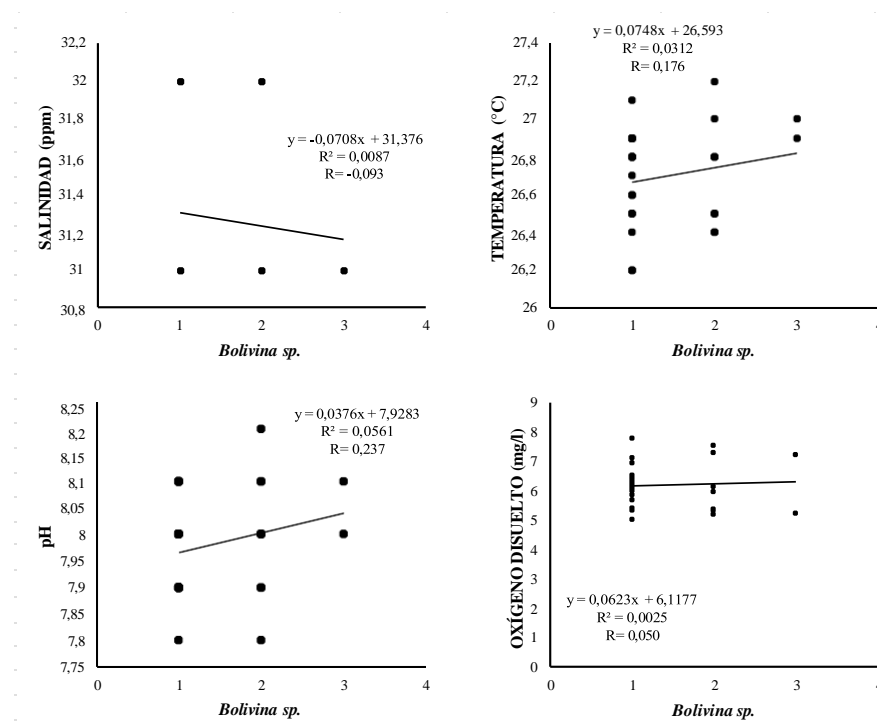


Gráfico 6. Correlación de Pearson entre las variables ambientales y la especie *Bolivina sp.*

Salinidad (A), Temperatura (B), pH (C), Oxígeno Disuelto (D)

***Bolivina sp.* vs Salinidad:** El análisis revela una correlación muy débil y negativa entre la cantidad de *Bolivina sp.* y la salinidad, con un coeficiente de correlación (R) de -0.093 y un coeficiente de determinación (R²) de 0.0087. Esto sugiere que no hay una relación significativa entre la salinidad y la cantidad de *Bolivina sp.*, y

cualquier tendencia negativa es mínima. Apenas el 0.87% de la variabilidad en la cantidad de *Bolivina* sp. puede explicarse por las variaciones en la salinidad.

***Bolivina* sp. vs Temperatura:** El análisis revela una correlación débil entre la cantidad de *Bolivina* sp. y la temperatura, con un coeficiente de correlación (R) de 0.176 y un coeficiente de determinación (R²) de 0.0312. Esto sugiere que existe una tendencia positiva mínima, donde mayores niveles de temperatura podrían estar asociados con un ligero aumento en la cantidad de *Bolivina* sp., pero esta relación sigue siendo bastante débil. Solo el 3.12% de la variabilidad en la cantidad de *Bolivina* sp. puede explicarse por las variaciones en la temperatura.

***Bolivina* sp. vs pH:** El análisis revela una correlación débil entre la cantidad de *Bolivina* sp. y el pH del agua, con un coeficiente de correlación (R) de 0.237 y un coeficiente de determinación (R²) de 0.0561. Esto sugiere que existe una tendencia positiva mínima, donde mayores niveles de pH podrían estar asociados con un ligero aumento en la cantidad de *Bolivina* sp., pero esta relación sigue siendo bastante débil. Solo el 5.61% de la variabilidad en la cantidad de *Bolivina* sp. puede explicarse por las variaciones en el pH del agua.

***Bolivina* sp vs OD:** El análisis revela una correlación muy débil entre la cantidad de *Bolivina* sp. y los niveles de oxígeno disuelto (OD), con un coeficiente de

correlación (R) de 0.050 y un coeficiente de determinación (R²) de 0.0025. Esto indica que prácticamente no hay relación entre los niveles de oxígeno disuelto y la cantidad de *Bolivina* sp. Solo el 0.25% de la variabilidad en la cantidad de *Bolivina* sp. puede explicarse por las variaciones en el oxígeno disuelto.

CORRELACION GENERAL DE ESPECIES

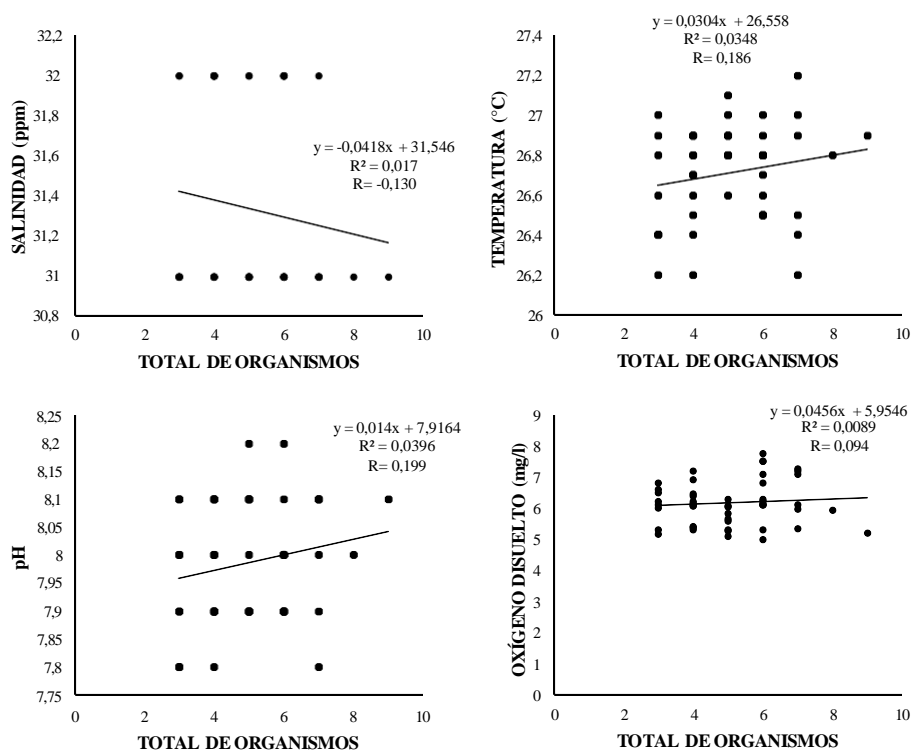


Gráfico 7. Correlación de Pearson entre las variables ambientales y todas las especies, Salinidad

(A), Temperatura (B), pH (C), Oxígeno Disuelto (D)

Total de especies vs Salinidad: El análisis revela una correlación muy débil y negativa entre el total de especies y la salinidad del agua, con un coeficiente de correlación (R) de -0.130 y un coeficiente de determinación (R²) de 0.017. Esto sugiere una ligera tendencia hacia una disminución en el número total de especies a medida que aumenta la salinidad, pero la relación es muy débil. Solo el 1.7% de la variabilidad en el total de especies puede explicarse por las variaciones en la salinidad del agua.

Total de especies vs Temperatura: El análisis revela una correlación débil positiva entre el total de especies y la temperatura del agua, con un coeficiente de correlación (R) de 0.186 y un coeficiente de determinación (R²) de 0.0348. Esto indica que existe una tendencia leve hacia un aumento en el número total de especies con el incremento de la temperatura, pero la relación es relativamente débil. Solo el 3.48% de la variabilidad en el total de especies puede explicarse por las variaciones en la temperatura del agua.

Total de especies vs pH: El análisis revela una correlación débil positiva entre el total de especies y el pH del agua, con un coeficiente de correlación (R) de 0.199 y un coeficiente de determinación (R²) de 0.0396. Esto indica que existe una ligera tendencia hacia un aumento en el número total de especies con el incremento del pH, pero la relación es relativamente débil. Solo el 3.96% de la variabilidad en el total de especies puede explicarse por las variaciones en el pH del agua.

Total de especies vs OD: El análisis revela una correlación muy débil entre el total de especies y los niveles de oxígeno disuelto (OD), con un coeficiente de correlación (R) de 0.094 y un coeficiente de determinación (R²) de 0.0089. Esto sugiere que hay una tendencia mínima hacia un aumento en el número total de especies con niveles ligeramente más altos de oxígeno disuelto, pero la relación es muy débil. Solo el 0.89% de la variabilidad en el total de especies puede explicarse por las variaciones en el oxígeno disuelto.

Gráficos de las especies y parámetros de cada uno de los 6 muestreos.

El primer muestreo se realizó el día 18 de marzo, 2024.

Se puede observar que las especies *Ammonia Becarii* y *Bolivina sp* son las que más predominaron, se puede observar en el Gráfico 8 a detalle las abundancias de cada una de las especies en este muestreo.

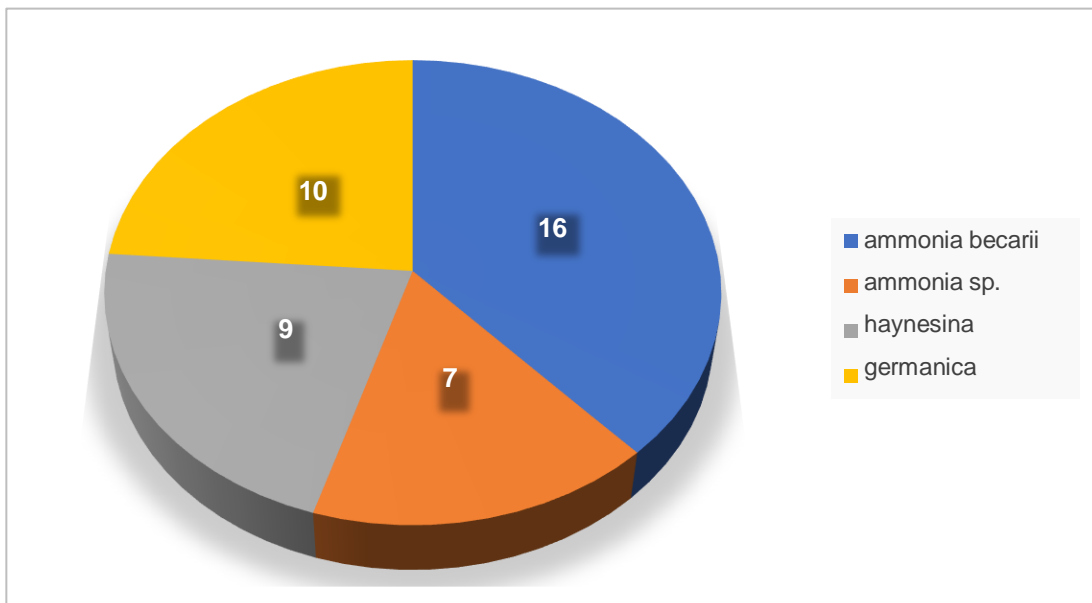


Gráfico 8. Abundancia de foraminíferos bentónicos en el muestreo 1.

Se puede observar en el Gráfico 9 que el pH en la estación 2 y 3 se encontraba bajo a comparación del resto de las estaciones.

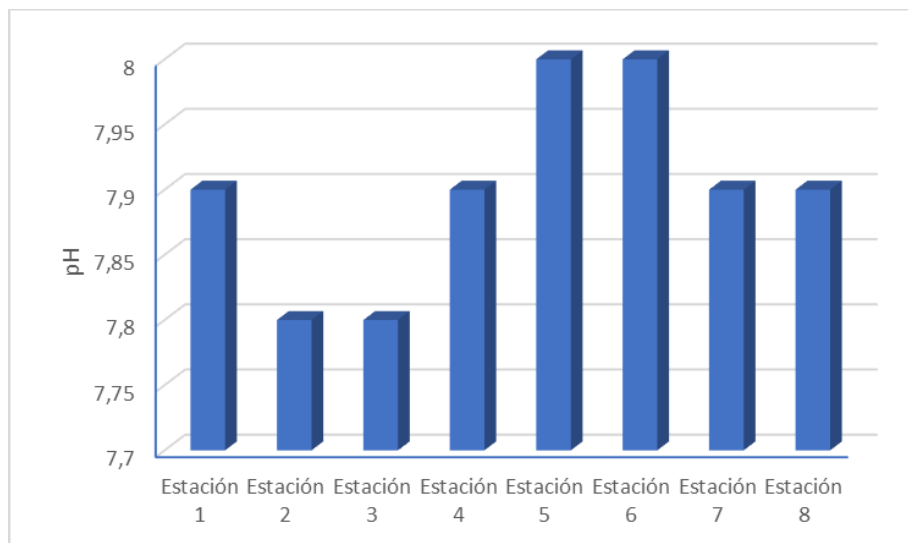


Gráfico 9. Toma de pH en el muestreo n°1 de las 8 estaciones.

En el Gráfico 10 la salinidad se observa que no hay diferencia, en todas las estaciones se mantiene en 31

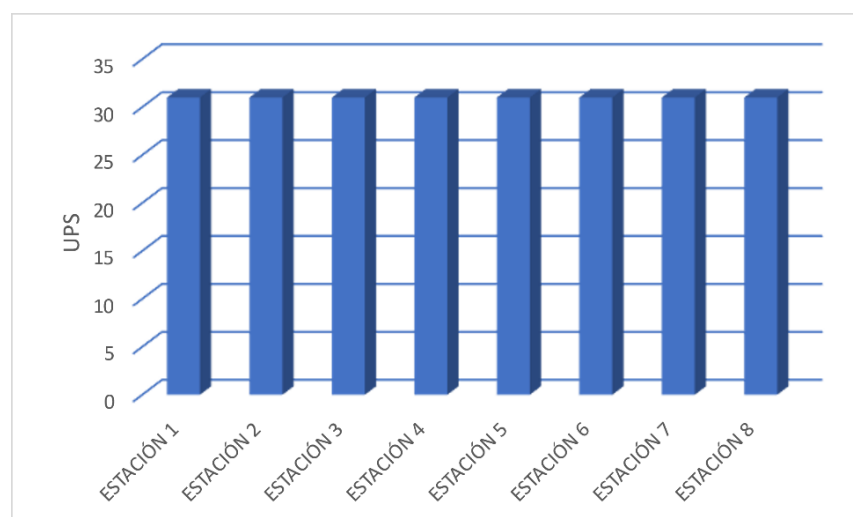


Gráfico 10. Toma de Salinidad en el muestreo n°1 de las 8 estaciones.

Se puede observar en el Gráfico 11 que la temperatura se mantiene similar en las 8 estaciones mientras que el oxígeno disuelto en la estación 7 y 8 son bajos.

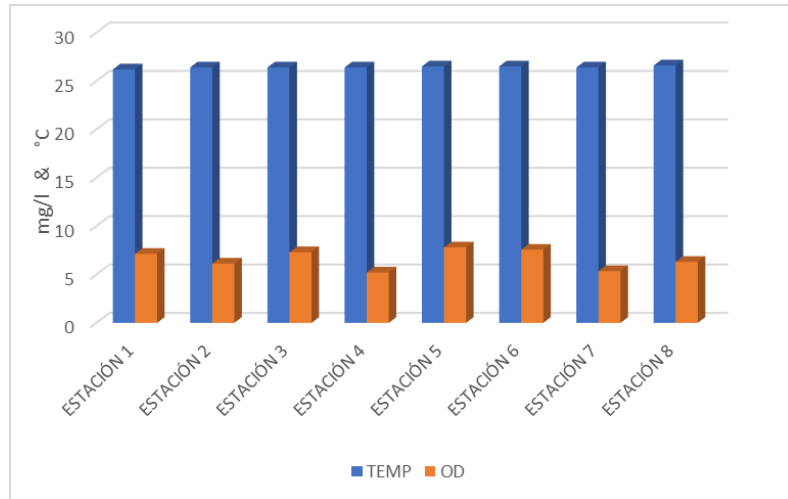


Gráfico 11. Toma de temperatura y Oxígeno Disuelto en el muestreo n°1 de las 8 estaciones.

El segundo muestreo se realizó el día 1 de abril, 2024.

Se puede observar que en el segundo muestreo la especie que menos predominó *Bolivina sp.*

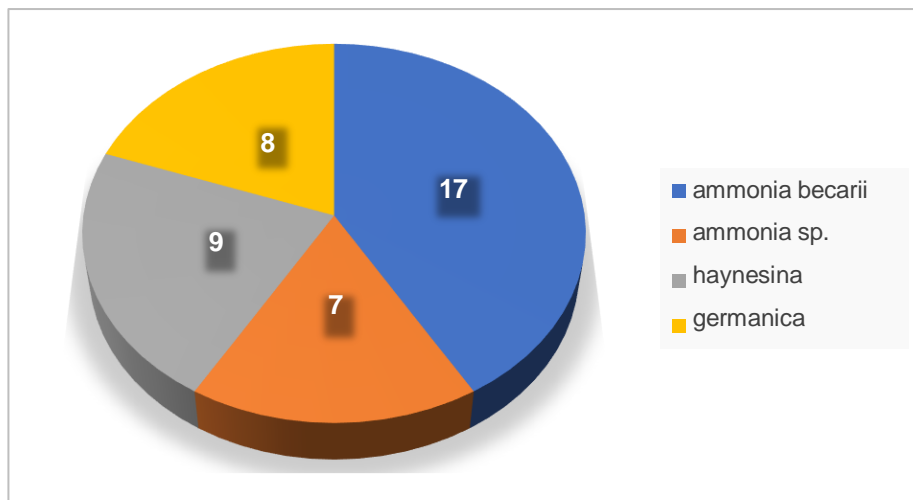


Gráfico 12. Abundancia de foraminiferos en el muestreo 2.

En el Gráfico 13 se observa que la estación más baja en pH es la estación 4, seguida de la estación número 5.

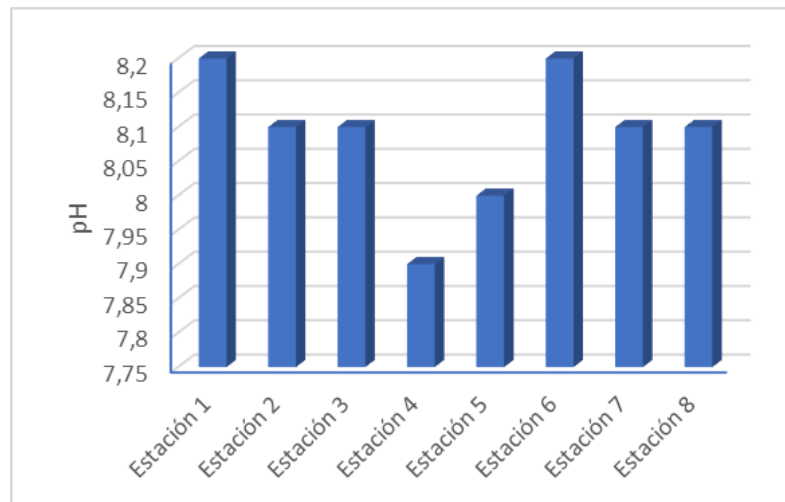


Gráfico 13. Toma de pH en el muestreo n°2 de las 8 estaciones

En cuanto a la salinidad, se logra observar en el gráfico 14 que se mantiene en todas las estaciones en 32 UPS.

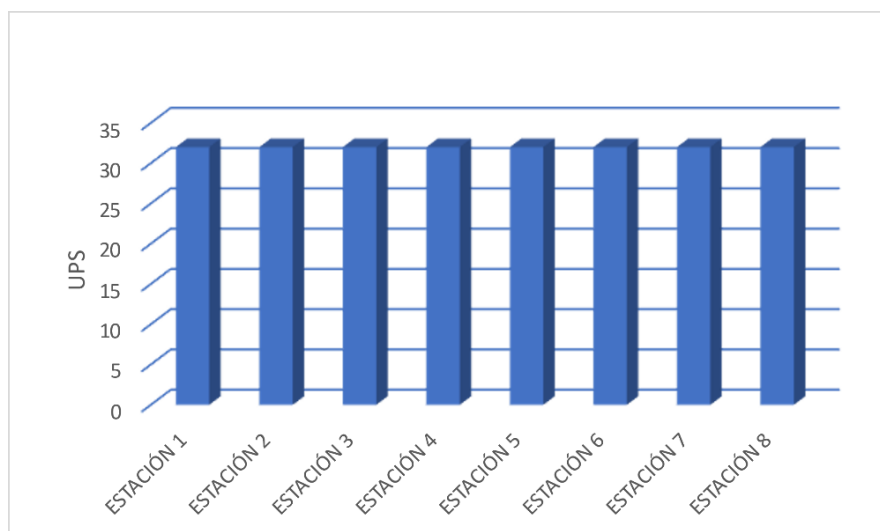


Gráfico 14. Toma de Salinidad en el muestreo n°2 de las 8 estaciones.

En el Gráfico 15 se observa que la temperatura se mantiene similar en las 8 estaciones, sin embargo, en el oxígeno si se nota un leve descenso en la estación 4,7 y 8.

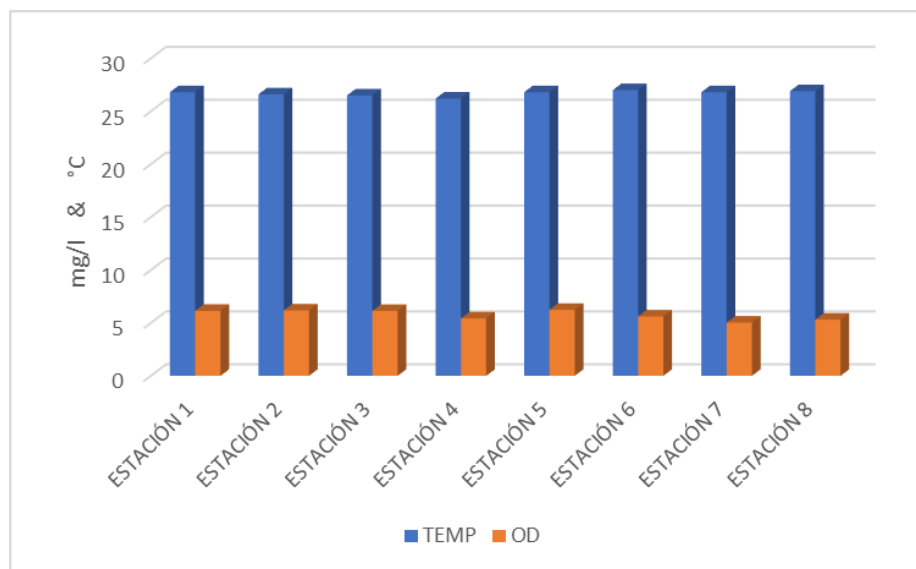


Gráfico 15. Toma de temperatura y oxígeno disuelto.

El tercer muestreo se realizó el día 15 de abril, 2024.

Podemos observar en el gráfico 16 que las dos especies que menos predominaron fueron *Nodosaria liassica* y *Gyroidina multilocula*.

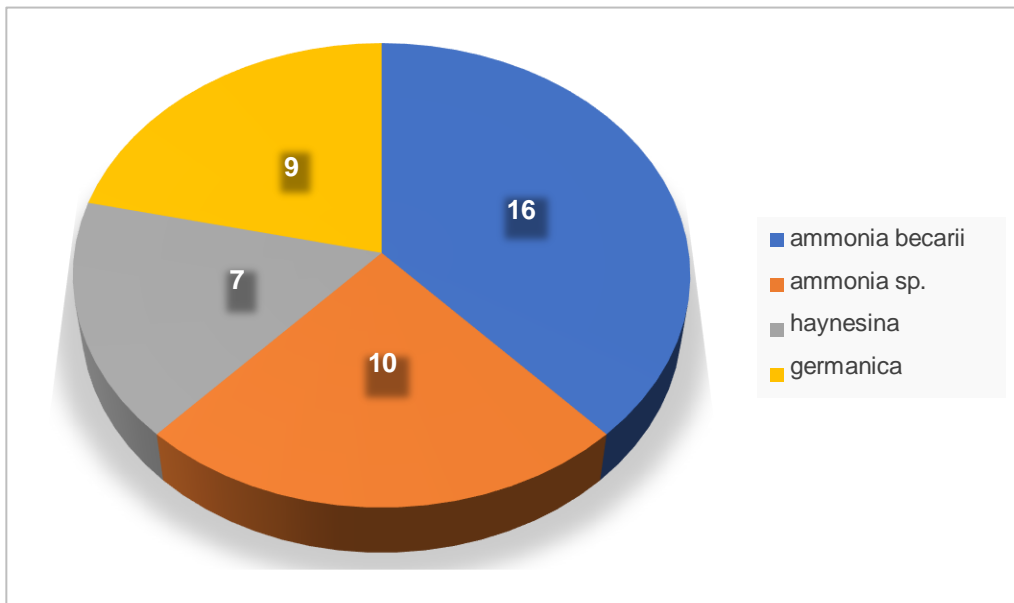


Gráfico 16. Abundancia de foraminíferos bentónicos en el muestreo 3

El pH como se observa en el Gráfico 17, en las estaciones 2,3 y 4 se mantuvo igual, en el resto si cambió.

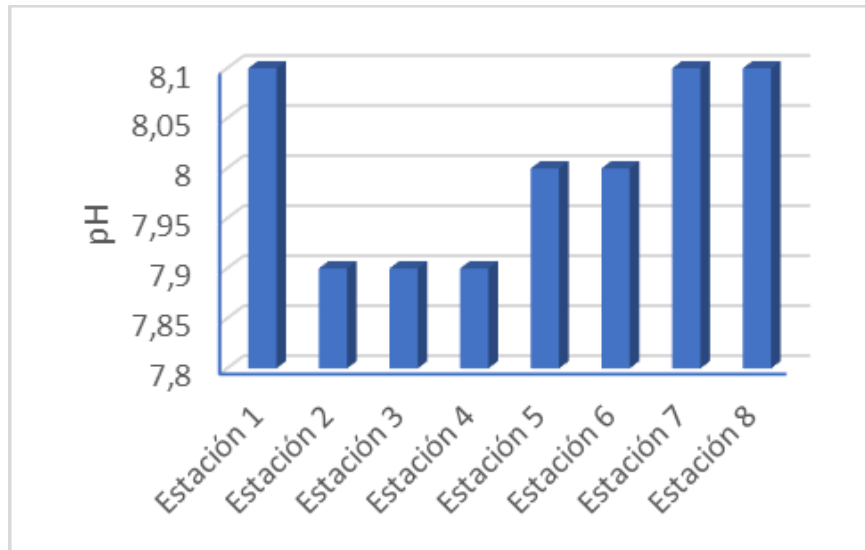


Gráfico 17. Toma de pH en el muestreo n°3 de las 8 estaciones

La salinidad como se puede observar el gráfico 18 se mantuvo en 31 UPS en las 8 estaciones.

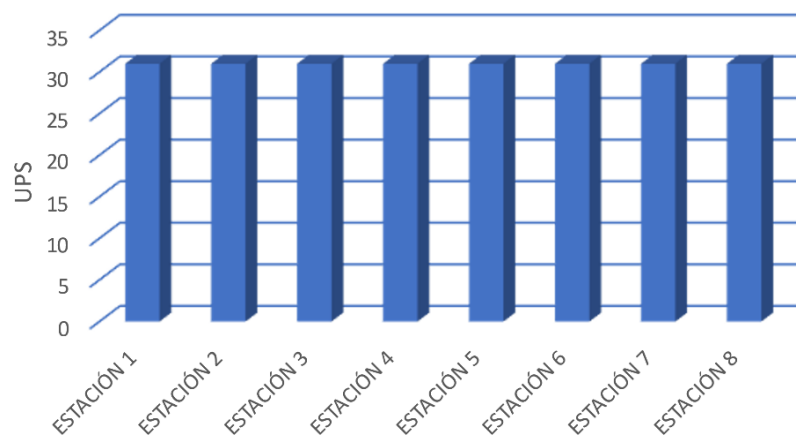


Gráfico 18. Toma de Salinidad en el muestreo n°3

En este tercer muestreo la temperatura no varía mucho al igual que el oxígeno disuelto no hay gran variación, sin embargo, la estación 6 es la que tiene el oxígeno disuelto más alto.

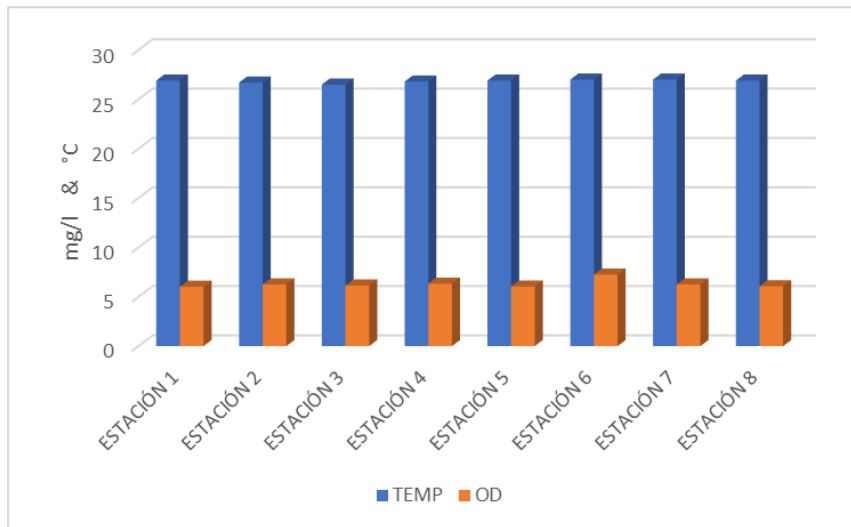


Gráfico 19. Toma de temperatura y oxígeno disuelto.

El cuarto muestreo se realizó el día 29 de abril, 2024.

En este cuarto muestreo se observa en el Gráfico 20 que la especie que menos hubo fue *Haynesina germánica*.

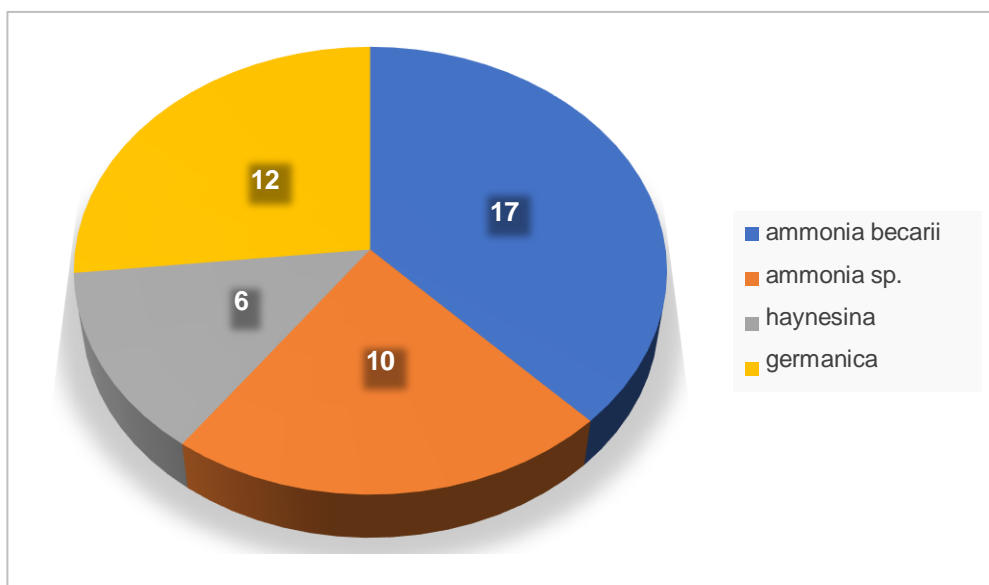


Gráfico 20. Abundancia de foraminíferos bentónicos en el muestreo 4.

En el Gráfico 21 se observa que la estación 4 es la que tiene el pH más bajo, seguida de la estación 3, el resto de estaciones son similares los valores.

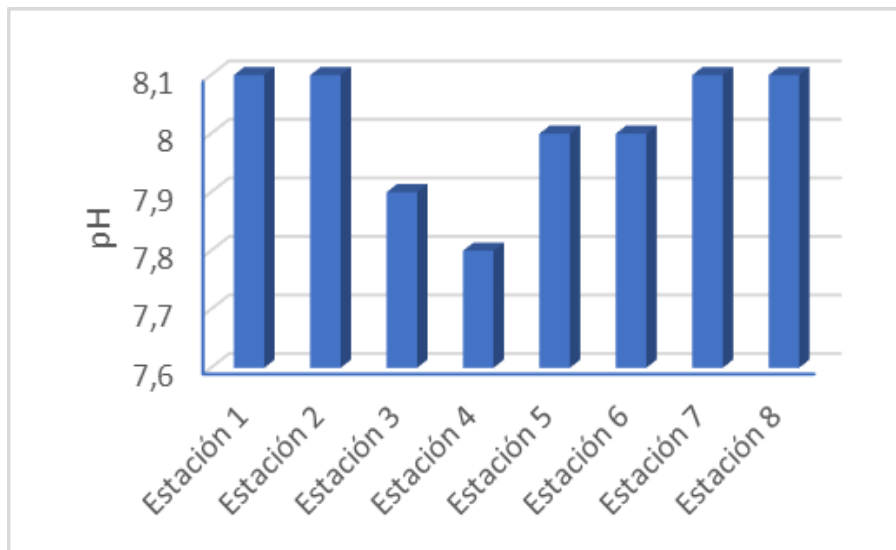


Gráfico 21. Toma de pH en el muestreo n°4 de las 8 estaciones.

Se observa en el Gráfico 22 tienen una salinidad de 31 UPS todas las estaciones.

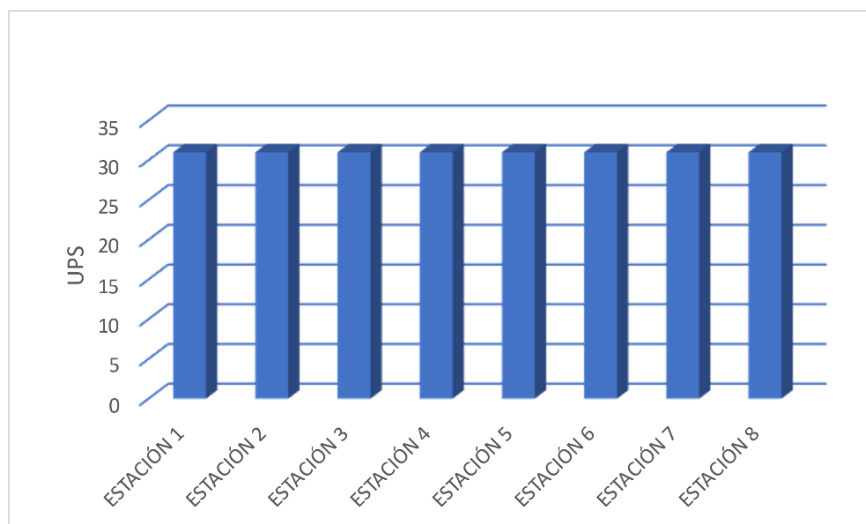


Gráfico 22. Toma de Salinidad en el muestreo n°4 de las 8 estaciones

Se puede ver el gráfico 23 que en la estación 1 es en donde hubo menos oxígeno disuelto y en la temperatura no hubo gran diferencia, en todas las estaciones se mantiene similares.

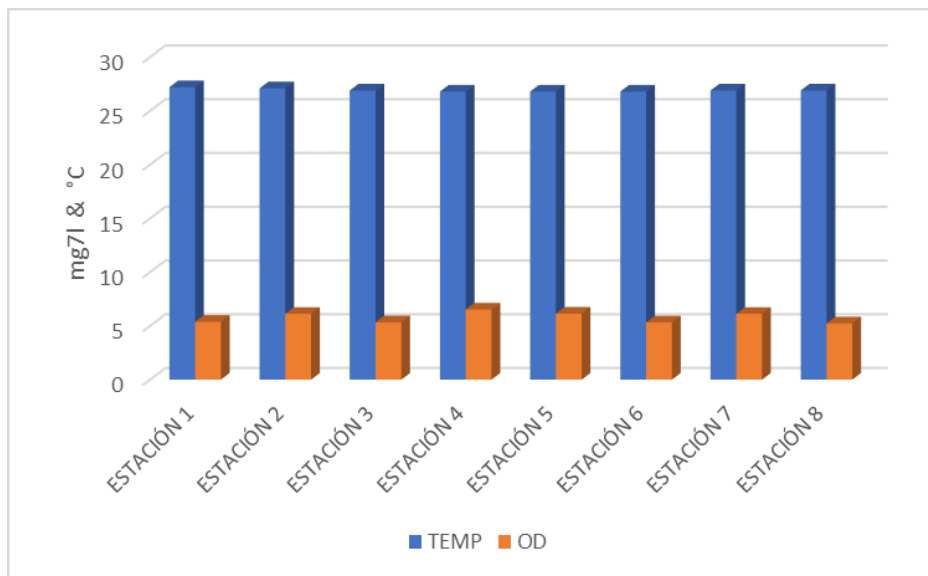


Gráfico 23. Toma de temperatura y oxígeno disuelto.

El muestreo 5 se realizó el día 13 de mayo, 2024.

En el muestreo 5 predominaron las especies *Ammonia Becarii* y *Ammonia sp.* mientras que la especie que menos organismo hubo en este muestreo fue *Haynesina germanica*. (Gráfico 24).

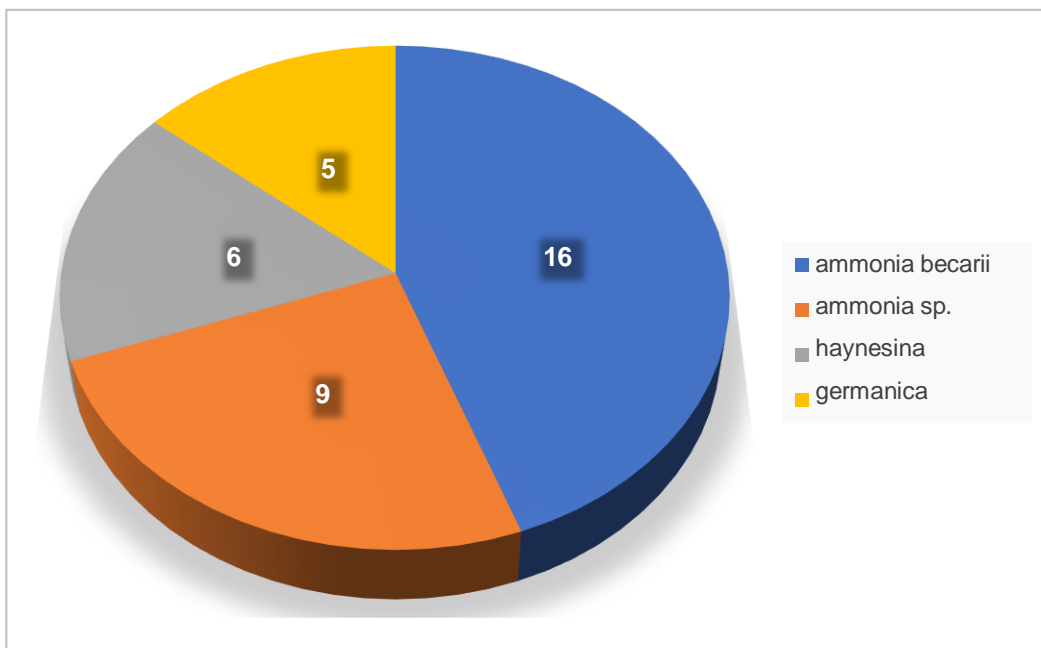


Gráfico 24. Abundancia de foraminíferos bentónicos en el muestreo 5

Se puede observar en el gráfico 25 que el pH en la estación 2 y 6 fueron los más altos en este muestreo, mientras que el pH más bajo se registró en la estación 5.

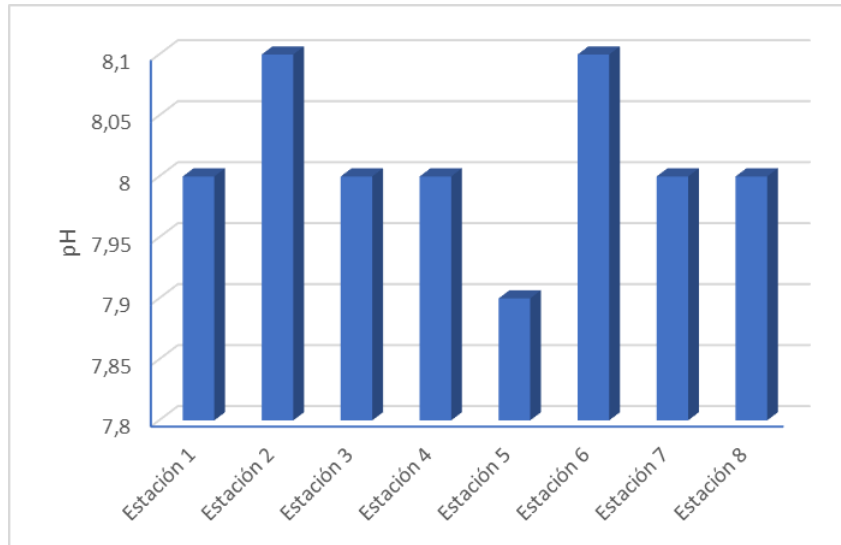


Gráfico 25. Toma de pH en el muestreo n°5 de las 8 estaciones

En el Gráfico 26 se mantuvo la salinidad en 32 UPS en todas las estaciones.

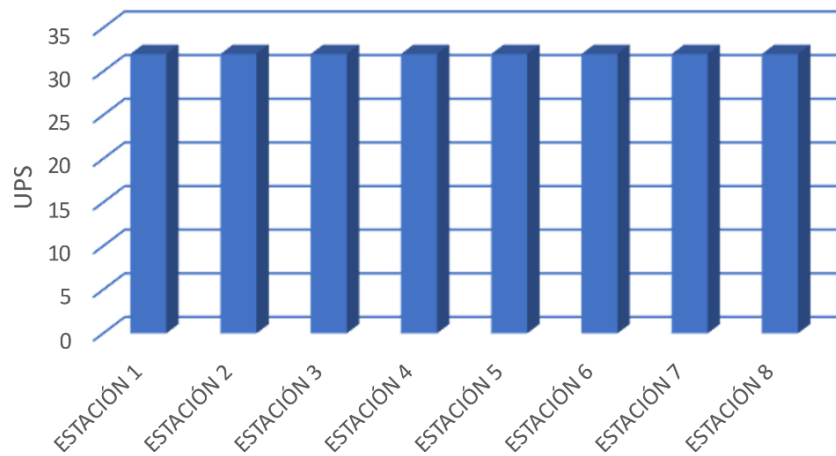


Gráfico 26. Toma de Salinidad en el muestreo 5

En el Gráfico 27 podemos observar la temperatura y oxígeno disuelto ambos parámetros no tienen gran diferencia se mantienen.

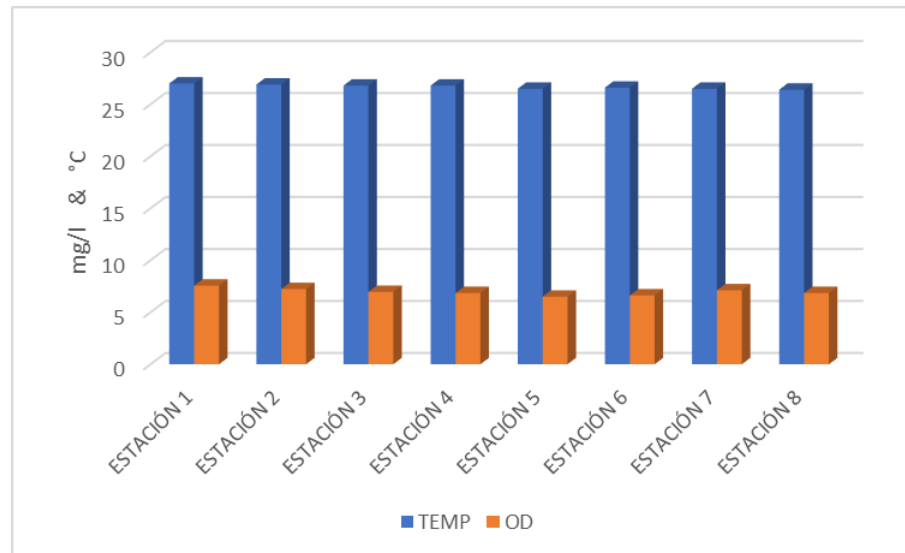


Gráfico 27. Toma de temperatura y oxígeno disuelto en el muestreo 5

El sexto muestreo fue el día 27 de mayo, 2024.

En el muestreo 6 podemos observar que la especie que más abunda es *Ammonia becarii* (gráfico 29).

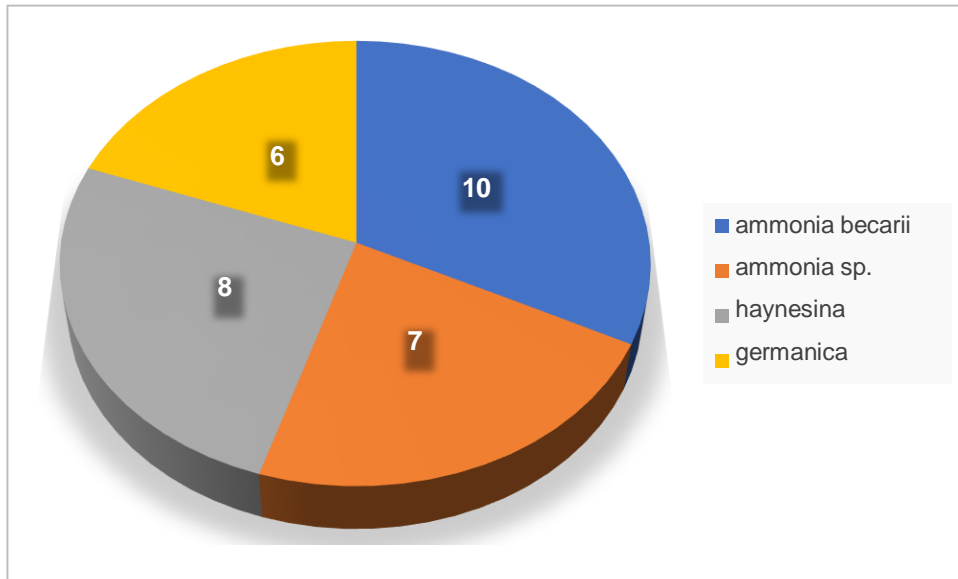


Gráfico 28. Abundancia de foraminíferos bentónicos en el muestreo 6

En el Gráfico 29 podemos observar que si hay variación en el pH entre las estaciones. La estación más baja en pH es la numero 2 y entre los valores más altos en pH encontramos a la estación 4 y 5.

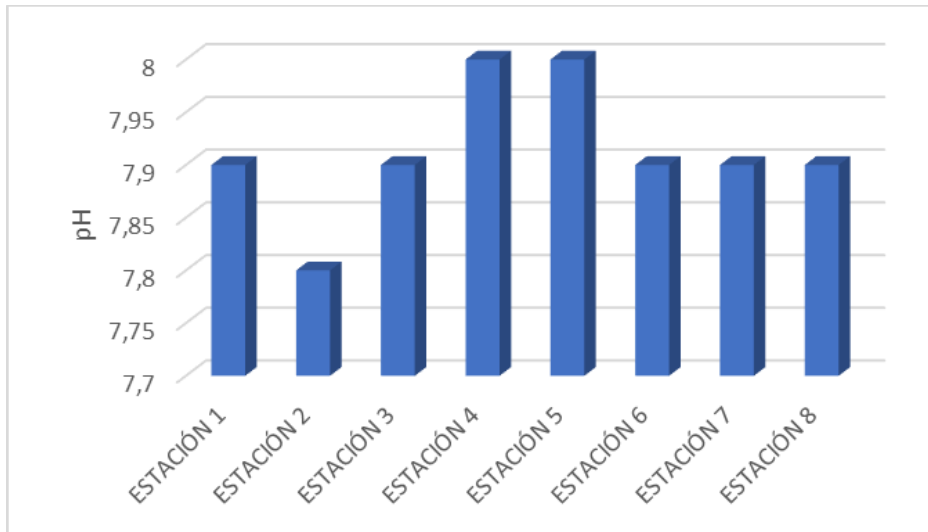


Gráfico 29. Toma de pH en el muestreo 5

La salinidad en el muestreo 6 se mantuvo igual en todas las estaciones en 31 UPS, como podemos observar en el Gráfico 30.

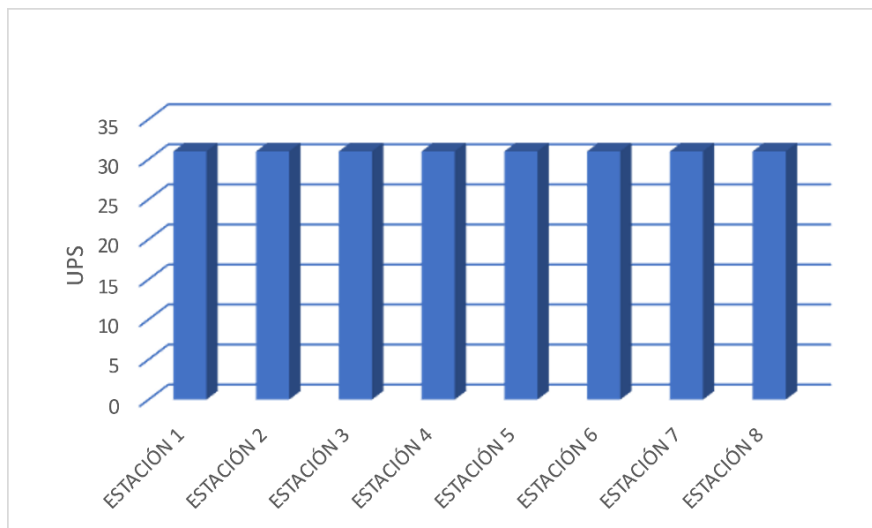


Gráfico 30. Toma de Salinidad en el muestreo n°5 de las 8 estaciones

En esta gráfica número 31 podemos observar el oxígeno disuelto y la temperatura, e no se ve gran diferencia los valores se mantienen similares en todas las estaciones.

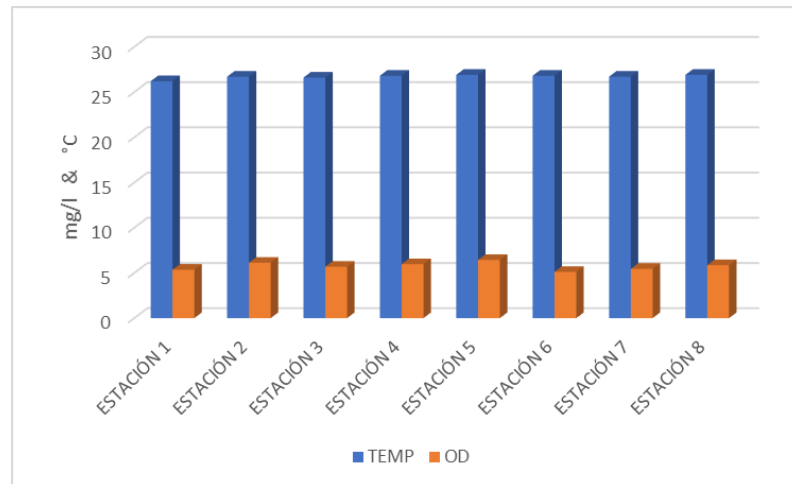


Gráfico 31. Toma de temperatura y oxígeno disuelto del muestreo 6

9. DISCUSIONES

Según Murray (2006), los foraminíferos han sido empleados extensamente como indicadores biológicos para evaluar la calidad ambiental. Esta utilidad se explora a través de la investigación de aspectos como la densidad y diversidad de sus poblaciones, la estructura de sus comunidades faunísticas, su capacidad reproductiva, las deformaciones de sus conchas, y la morfología prolocular, entre otros criterios relevantes. Estos organismos son destacados por su breve ciclo de vida y su capacidad para responder rápidamente a cambios en su entorno, mientras que su tamaño y abundancia facilitan la recolección de muestras que permiten análisis estadísticamente sólidos, cruciales para la evaluación precisa de alteraciones ambientales significativas.

La influencia de la energía del agua en áreas poco profundas es crucial, ya que afecta tanto al tipo de sustrato (duro o blando) como a la distribución de nutrientes. Factores como la salinidad, la turbidez del agua, el pH, las corrientes y la tasa de sedimentación juegan un papel determinante a nivel local en la configuración de las comunidades de foraminíferos. Esta sensibilidad ecológica destaca la capacidad de estos microorganismos para actuar como indicadores biológicos sensibles frente a diversas condiciones ambientales, como han señalado Armstrong y Brasier (2005).

La densidad de foraminíferos bentónicos se ha demostrado como un indicador ecológico confiable en diversas investigaciones. Estos microorganismos son especialmente sensibles a las variaciones en las condiciones ambientales del fondo marino, como la salinidad, temperatura y niveles de oxígeno. Bernhard y Sen Gupta (1999) encontraron que la densidad del género *Bolivina* disminuye significativamente en áreas con bajos niveles de oxígeno, lo que confirma su utilidad como bioindicador de ambientes hipóxicos. Por lo tanto, al encontrar el género *Bolivina* en la presente investigación tenemos un bioindicador relevante que se debe tomar en cuenta. Además, Alve (1995) mostró que la diversidad de foraminíferos bentónicos se reduce en áreas contaminadas por metales pesados.

Murray (2006) enfatiza la importancia de la morfología de la concha (test) para la correcta identificación de foraminíferos bentónicos, destacando que características como la forma, el tamaño, el número de cámaras, su disposición y la ornamentación son esenciales para distinguir entre especies. Además, señala que la variabilidad dentro de una misma especie puede complicar la identificación debido a factores ambientales que pueden modificar la morfología de las conchas. Por ello, se recomienda un enfoque combinado que incluya tanto el estudio de características morfológicas como el análisis genético para una identificación más precisa. Este enfoque integrador es crucial para entender mejor la ecología y la distribución de las especies de foraminíferos bentónicos, y para su uso efectivo como bioindicadores en estudios ambientales.

La teoría propuesta por Corliss (1985) acerca de la distribución de los foraminíferos bentónicos plantea que cada especie muestra preferencia por microhábitats específicos. Según esta perspectiva, se observa una secuencia de taxones desde la superficie del sedimento (epifauna) hasta varias capas profundas bajo el fondo (infauna). Esta organización vertical en el hábitat sugiere adaptaciones especializadas de los foraminíferos a diferentes condiciones de sedimentación y disponibilidad de recursos, lo cual es crucial para comprender cómo estas comunidades se estructuran y responden en diversos entornos marinos y sedimentarios. Aunque enfrentan desafíos, muchos foraminíferos logran habitar dentro del sedimento y algunas especies pueden sobrevivir en ambientes con oxígeno reducido (Bernhard, 1989, 1992; Bernhard y Alve, 1996).

La presencia de *Ammonia* como bioindicador es ampliamente discutida en la literatura debido a su capacidad para reflejar cambios ambientales. Armynot du Châtelet y Debenay (2010) destacan que las especies del género *Ammonia*, como *Ammonia tepida* y *Ammonia beccarii*, son particularmente valiosas en este contexto. Estas especies son capaces de tolerar una amplia gama de condiciones ambientales, incluyendo altos niveles de materia orgánica y bajos niveles de oxígeno, típicos de áreas eutróficas y contaminadas. La abundancia de *Ammonia* en estos entornos permite utilizar este género como un indicador sensible de la calidad del agua y la contaminación orgánica. Su adaptabilidad y respuesta a las condiciones ambientales hacen que el género *Ammonia* sea esencial en estudios de monitoreo y evaluación de impactos antropogénicos en ecosistemas costeros y

estuarinos. Este uso de Ammonia en estudios ecológicos y de contaminación resalta su importancia y la necesidad de continuar investigando su distribución y abundancia en diferentes ambientes marinos. En el presente trabajo se observa la presencia de este género, por lo tanto, ya hay un bioindicador que está dando a conocer algo acerca de la zona estudiada.

10. CONCLUSIONES

El presente estudio sobre la densidad de foraminíferos bentónicos en la playa de San Pablo, se desarrolló a lo largo de 700 m de dicha playa, estableciendo ocho estaciones de las cuales se extraían tres réplicas, dando un total de seis muestreos y de 144 muestras extraídas. Dando como resultado una densidad 0,35 organismos por metro. El índice Foram (FI') dio a conocer que se encuentra en estado de transición a condiciones de estrés con un valor de $FI' < 2,01$. De los parámetros físico-químicos que se tomó se obtuvo un promedio total de pH (7,98), temperatura (26,7°C), Salinidad (31 UPS) y con un promedio de Oxígeno Disuelto (6,17mg/l).

Se identificaron las especies de foraminíferos *Ammonia becarii* (Linnaeus, 1758), *Ammonia sp.* (Brünnich, 1772), *Haynesina germanica* (Ehrenberg, 1840) y *Bolivina sp.* (d'Orbigny, 1839), sus características morfológicas y adaptativas; *Ammonia becarii* se distingue por su concha planispiral de carbonato de calcio, que le permite adaptarse a una variedad de ambientes sedimentarios. *Ammonia sp.* presenta conchas planispirales y globulares, mostrando gran resistencia y adaptabilidad en ambientes costeros y estuarinos con fluctuaciones de salinidad y temperatura (Murray, 1991). *Haynesina germanica* se caracteriza por su concha biconvexa y estructura simétrica, siendo común en estuarios e intermareales, y tolerante a variaciones de salinidad y temperatura. *Bolivina sp.* es reconocida por su concha elongada y angulada, abundante en sedimentos ricos en materia orgánica, desde aguas costeras hasta profundas.

La densidad bruta dio un total de 0,35 individuos/metro. La densidad específica o ecológica se realizó en cada uno de los muestreos dando como resultados en el muestreo 1 una densidad de 0,06 individuos/metro, en el muestreo 2 una densidad de 0,058 individuos/metro, en el muestreo 3 una densidad de 0,06 individuos/metro, el muestreo 4 obtuvo la mayor densidad con 0,064 individuos/metro, el muestreo 5 con una densidad de 0,051 individuos/metro y el último muestreo el 6 con una densidad de 0,054 individuos/metro.

En el presente estudio, las especies de foraminíferos *Ammonia becarii*, *Ammonia sp.*, *Haynesina germanica* y *Bolivina sp.* han demostrado ser bioindicadores eficaces debido a sus capacidades para tolerar diversas condiciones ambientales y de contaminación. *Ammonia becarii* y *Ammonia sp.* son sensibles a la contaminación orgánica y a los niveles de oxígeno, lo que las hace ideales para monitorear la calidad del sedimento y los impactos de la actividad humana en zonas costeras y estuarinas. *Haynesina germanica*, con su adaptabilidad a variaciones en salinidad y temperatura, es eficaz para evaluar la calidad del agua y las condiciones de eutrofización en estuarios. *Bolivina sp.* destaca por su tolerancia a condiciones hipóxicas y altos niveles de materia orgánica, siendo un indicador fiable de contaminación orgánica y calidad del sedimento. Estas especies proporcionan herramientas valiosas para el monitoreo ambiental, la evaluación de la calidad del agua y la reconstrucción de condiciones ambientales pasadas, facilitando una mejor comprensión y gestión de los ecosistemas acuáticos.

11. RECOMENDACIONES

Realizar estudios a largo plazo que permitan identificar tendencias temporales y estacionales, para continuar y expandir el conocimiento sobre la densidad de foraminíferos bentónicos como indicadores ecológicos. Estos estudios deben incluir un monitoreo continuo y sistemático para evaluar cómo las fluctuaciones ambientales y los eventos como por ejemplo los cambios en la temperatura del agua afectan la población y distribución de los foraminíferos.

Estandarizar las técnicas de muestreo y análisis de foraminíferos bentónicos para asegurar la comparabilidad de los datos. Al utilizar métodos de muestreo, como el muestreo con draga o núcleos de sedimento, permiten obtener una representación más precisa de las comunidades bentónicas.

Aplicar técnicas moleculares, como el análisis de ADN ambiental (eDNA), para complementar los métodos tradicionales y ofrecer una identificación más detallada de las especies presentes, facilitando así un análisis más preciso de la biodiversidad y la salud del ecosistema.

Incluir a los foraminíferos bentónicos como indicadores en los programas de monitoreo ambiental para permitir una evaluación más precisa y temprana de los cambios en la calidad del agua y el sedimento.

Promover la educación y sensibilización de la comunidad local sobre la importancia de estos microorganismos y sus roles ecológicos para contribuir a una mayor protección y conservación de los hábitats marinos.

12. BIBLIOGRAFÍAS

Aramayo, V., Romero, D., Quipúzcoa, L., Graco, M., Marquina, R., Solís, J., & Velazco, F. (2021). Respuestas del bento marino frente a El Niño costero 2017 en la plataforma continental de Perú central (Callao, 12 S). *Boletín Instituto del Mar del Perú*, 36(2), 476-509.

Arenillas, I., Alegret, L., Arz, J.A., & Molina, E. (2000). El uso didáctico de los foraminíferos en la enseñanza de las ciencias de la Tierra: su distribución paleoceanográfica en el tránsito Cretácico – Terciario. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 8(2), 108-118.

Bernal, G., Ruiz–Ochoa, M.A., Piedrahita, M.T., & Restrepo, E. (2008). Foraminíferos en los sedimentos superficiales del sistema lagunar de Cispatá y la interacción río Sinú–Mar Caribe colombiano. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 23, 5–20.

Boltovskoy, E. (1972). Nota sobre los valores mínimos de oxigenación que pueden soportar los foraminíferos bentónicos.

Boltovskoy, E. (2015). *Atlas of Benthic Foraminifera*. SpringerLink.

Cardich Salazar, J. A. (2012). Especies de foraminíferos bentónicos indicadoras del estado de óxido-reducción del sedimento superficial en el margen continental central del Perú.

Chang, R., & Goldsby, K. A. (2016). *Chemistry* (12^a ed.). McGraw-Hill Education.

Cushman, J. A. (1923). Some new foraminifera from the coastal plain of the United States. *Proceedings of the United States National Museum*, 62(17), 1-24.

Cushman, J.A., & McCulloch, I. (1942). Some new foraminifera from the Pacific coast of North America. *Cushman Laboratory for Foraminiferal Research Contributions*, 18(4), 107-119.

Davis, C., Doherty, S., Fehrenbacher, J., & Wishner, K. (2023). Trace element composition of modern planktic foraminifera from an oxygen minimum zone: potential proxies for an enigmatic environment. *Frontiers*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2023.1145756/full>

de Cruz, M. L. (2021). Foraminíferos planctónicos vivos en el mar ecuatorial: Taxonomía y distribución. *Revista Acta Oceanográfica del Pacífico*.

de León, A. G. B. (2001). Distribución de foraminíferos béticos en ambientes de baja concentración de oxígeno: patrones del bajo Golfo de California y del extremo sur de la Corriente de California.

Díaz, C. M. (2023). Conjuntos de quistes de dinoflagelados en relación con variabilidad climática y oceanográfica durante 1853-1963, Cuenca San Lázaro, Océano Pacífico, México.

Diaz, R. J., & Rosenberg, R. (2008). Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*, 321(5891), 926-929. <https://doi.org/10.1126/science.1156401>

El Universo. (2012, abril 2). San Pablo y sus necesidades. <https://www.eluniverso.com/2012/04/02/1/1363/san-pablo-sus-necesidades.html/>

El Universo. (2024, febrero 12). Turistas generan \$30 millones por día en Salinas durante el feriado de carnaval. *El Universo*. <https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/turistas-generan-30-millones-por-dia-en-salinas-durante-el-feriado-de-carnaval-nota/>

E.G. (1995). FORAMINIFEROS BENTONICOS DE SALINAS, ECUADOR Y SU RELACION CON EL MEDIO. <https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/2290/Foramin%C3%ADferos%20bent%C3%B3nicos%20de%20Salinas%2C%20Ecuador%20y%20su%20relaci%C3%B3n%20con%20el%20medio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Figuroa, S., Marchant, M., Giglio, S., & Ramírez, M. (2005). Foraminíferos bentónicos rotalínidos del centro sur de Chile (36°S - 44°S). *Gayana (Concepción)*, 69(2), 329-363. <https://doi.org/10.4067/s0717-65382005000200013>

Figuroa, S., Marchant, M., Giglio, S., & Ramírez, M. (2005b). FORAMINIFEROS BENTONICOS ROTALINIDOS DEL CENTRO SUR DE CHILE (36°S - 44°S). *Gayana*, 69(2). <https://doi.org/10.4067/s0717-65382005000200013>

García, A. C., & García, J. (2001). Los foraminíferos: presente y pasado. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9(2), 144-150.

Gooday, A.J. (1994). Deep-sea benthic foraminiferal species diversity in the NE Atlantic and NW Arabian Sea: a synthesis. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 41(1-2), 97-124.

Gooday, A.J. (2003). Benthic foraminifera (Protista) as tools in deep-water palaeoceanography: environmental influences on faunal characteristics. En *The Ecological Role of Micro-organisms in the Antarctic Environment*. Springer, Berlin, Heidelberg.

Gooday, A.J., & Rathburn, A.E. (1999). Temporal variability in living deep-sea benthic foraminifera: A response to seasonal organic matter supply? *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 46(8), 1277-1301.

Gualancañay, E. (1983). Foraminíferos bentónicos del Golfo de Guayaquil. *Act. Ocean. Pacific., INOCAR*.

Gualancañay, E. (1986). Distribución de los foraminíferos bentónicos del Golfo de Guayaquil. *Act. Ocean. Pacific., INOCAR*.

Gualancañay, E. (1989). Distribución de los Foraminíferos bentónicos del Golfo de Guayaquil Interior y su Relación con Algunos factores Ambientales. *Act. Ocean. Pacific., INOCAR*.

Gualancañay, E. (2012). Variación Estacional de las Especies del Microbentos de la Bahía Manta, en la costa ecuatoriana, durante 2011. *Act. Ocean. Pacific., INOCAR, 17*(1), 147-153.

Gualancañay, E., Tapia, M.E., Naranjo, C., Cruz, M., & Villamar, F. (2010-2011). Caracterización biológica de la bahía de Jaramijó en la costa ecuatoriana, 2008. *Act. Ocean. Pacific., INOCAR, 16*(1), 39-57.

Hallock, P. (2012). The FORAM Index Revisited: Uses, challenges, and limitations. Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium, Cairns, 9-13 July 2012, Article No. 1218. [https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=3337544](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=3337544)

Jorissen, F.J., Fontanier, C., & Thomas, E. (2007). Paleooceanographical proxies based on deep-sea benthic foraminiferal assemblage characteristics. *Developments in Marine Geology, 1*, 263-325.

Martínez, L.T., Marchant, M., Muñoz, P., & Abdala Díaz, R.T. (2024). Diversidad Espacial y Vertical de Foraminíferos Bentónicos en la Zona de Mínimo Oxígeno de la Bahía de Mejillones, Norte de Chile. *Frontiers in Marine Science*.

MEDCLIC. (2024). Unidad 2: El agua de mar. Recuperado de https://medcllic.es/uploads/filer_public/8e/91/8e91b273-6459-467f-9ae8-6be61d948287/u2_aguademar_medcllic_cast.pdf

Minhat, F., Ghandi, S., Mohamad, Z., & Bin Aweng, E. (2015). Distribution of benthic foraminifera in shallow water areas of the Kuala Terengganu to Pahang River basin, Malaysia. *J. Oceanogr. Mar. Sci*, 6(6), 52-62.

Ministerio del Ambiente. (2015). *Plan de Manejo del Refugio de Vida Silvestre de Manglares El Morro y del Área de Recreación Playas de Villamil 2015-2019*. Ecuador: Ministerio del Ambiente del Ecuador. <https://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/5630878/Plan+de+Manejo+Refugio+Manglares+El+Morro+%26+Playas+Villamil.pdf/b815c031-e5d3-49a4-a6ac-556815de26ab>

Molina-Cruz, A. (1987). The relationship of southern trade winds to upwelling processes during the last 75,000 years. *Quaternary Research*, 28(2), 217-230.

Moore, P.S., Pinoargote, E., Muñoz Mosquera, C.E., & Londoño Cruz, E. (2019). Seasonal foraminifera distribution in Bahía Málaga, Pacific coast of Colombia: Insights into the impact of La Niña phenomenon. *Revista de Biología Tropical*, 67(1), 84-98.

Olausson, E. (1965). Evidence of climatic changes in North Atlantic deep-sea cores, with remarks on isotopic paleotemperature analysis. *Progress in Oceanography*, 3, 221-252.

Reid, J.L., & Mantyla, A.W. (1978). On the mid-depth circulation of the North Pacific Ocean. *Journal of Physical Oceanography*, 8(6), 946-951.

Resig, J. M. (1981). Biogeography of benthic foraminifera of the Northern Nazca Plate and adjacent continental margin. *Geological Society of America Bulletin*, 92(7), 474-487. <https://doi.org/10.1130/GSAB-P2-92-655>

Samir, A. M. (2000). The response of benthic foraminifera and ostracods to various pollution sources: A study from two lagoons in Egypt. *Journal of Foraminiferal Research*, 30(2), 83-98. <https://doi.org/10.2113/0300083>

Scott, D.B., & Medioli, F.S. (1980). Quantitative studies of marsh foraminiferal distributions in Nova Scotia: Implications for sea level studies. *Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Special Publication*, 17, 1-58.

SECO, C. (2018). *Especies Foraminíferos bentónicos en el Perú*. <https://www.seco.especie/foraminiferos.html>

Sen Gupta, B.K., & Machain-Castillo, M.L. (1993). Benthic foraminifera in oxygen-poor habitats. *Marine Micropaleontology*, 20(3-4), 183-201.

Soutar, A., & Crill, P. A. (1977). Sedimentation and climatic patterns in the Santa Barbara Basin during the 19th and 20th centuries. *Geological Society of America Bulletin*, 88(8), 1161-1172.

Townsend, A.T., & Kennedy, A.K. (1984). Pb isotopic evidence from ODP Site 650 for sediment transport from the central Pacific to the Caribbean Sea during the Miocene.

Wefer, G., & Berger, W.H. (1991). Isotope paleontology: growth and composition of extant calcareous species. *Marine Geology*, 100(1-4), 207-248.

Zeebe, R. E., & Wolf-Gladrow, D. A. (2001). *CO₂ in seawater: Equilibrium, kinetics, isotopes* (Vol. 65). Gulf Professional Publishin

13. ANEXOS

Tabla 5. Parámetros tomados del muestreo número 1 en las 8 estaciones.

Fecha: 18/03/2024	SALINIDAD UPS	TEMPERATUR A °C	pH	OXÍGENO mg/l
ESTACIÓN 1	31	26,2	7,9	7,13
ESTACIÓN 2	31	26,4	7,8	6,13
ESTACIÓN 3	31	26,4	7,8	7,3
ESTACIÓN 4	31	26,4	7,9	5,21
ESTACIÓN 5	31	26,5	8	7,8
ESTACIÓN 6	31	26,5	8	7,56
ESTACIÓN 7	31	26,4	7,9	5,34
ESTACIÓN 8	31	26,5	7,9	6,3

Tabla 6. Parámetros tomados en el muestreo número 2 en las 8 estaciones.

Fecha: 1/04/2024	SALINIDAD UPS	TEMPERATU RA °C	pH	OXÍGENO mg/l
ESTACIÓN 1	32	26,8	8,2	6,14
ESTACIÓN 2	32	26,6	8,1	6,18
ESTACIÓN 3	32	26,5	8,1	6,13
ESTACIÓN 4	32	26,2	7,9	5,42
ESTACIÓN 5	32	26,8	8	6,24
ESTACIÓN 6	32	27	8,2	5,61
ESTACIÓN 7	32	26,8	8,1	5,03
ESTACIÓN 8	32	26,9	8,1	5,31

Tabla 7. Parámetros tomados en el muestreo número 3 en las 8 estaciones.

Fecha: 15/04/2024	SALINIDAD UPS	TEMPERATUR A °C	pH	OXÍGENO mg/l
ESTACIÓN	31	26,9	8,1	6,01

1				
ESTACIÓN 2	31	26,7	7,9	6,25
ESTACIÓN 3	31	26,5	7,9	6,14
ESTACIÓN 4	31	26,8	7,9	6,32
ESTACIÓN 5	31	26,9	8	6,03
ESTACIÓN 6	31	27	8	7,24
ESTACIÓN 7	31	27	8,1	6,25
ESTACIÓN 8	31	26,9	8,1	6,06

Tabla 8. Parámetros tomados en el muestreo 4 en las 8 estaciones.

Fecha: 29/04/2024	SALINIDAD D UPS	TEMPERATUR A °C	pH	OXÍGENO DISULET LO mg/l
ESTACIÓN 1	31	27,2	8,1	5,38
ESTACIÓN 2	31	27,1	8,1	6,12
ESTACIÓN 3	31	26,9	7,9	5,34
ESTACIÓN 4	31	26,8	7,8	6,53
ESTACIÓN 5	31	26,8	8	6,14
ESTACIÓN 6	31	26,8	8	5,32
ESTACIÓN 7	31	26,9	8,1	6,12
ESTACIÓN 8	31	26,9	8,1	5,23

Tabla 9. Parámetros tomados en el muestreo 5 en las 8 estaciones.

Fecha: 13/05/2024	SALINIDAD UPS	TEMPERATUR A °C	pH	OXÍGENO mg/l
ESTACIÓN 1	32	27	8	7,56
ESTACIÓN 2	32	26,9	8,1	7,23
ESTACIÓN 3	32	26,8	8	6,96
ESTACIÓN 4	32	26,8	8	6,85
ESTACIÓN 5	32	26,5	7,9	6,5
ESTACIÓN 6	32	26,6	8,1	6,62
ESTACIÓN 7	32	26,5	8	7,11
ESTACIÓN 8	32	26,4	8	6,85

Tabla 10. Parámetros tomados en el muestreo 6 en las 8 estaciones.

Fecha: 27/05/2024	SALINIDAD UPS	TEMPERATUR A	pH	OXÍGENO mg/l
-----------------------------	-------------------------	------------------------	-----------	------------------------

		°C		
ESTACIÓN 1	31	26,2	7,9	5,35
ESTACIÓN 2	31	26,7	7,8	6,12
ESTACIÓN 3	31	26,6	7,9	5,68
ESTACIÓN 4	31	26,8	8	5,96
ESTACIÓN 5	31	26,9	8	6,43
ESTACIÓN 6	31	26,8	7,9	5,11
ESTACIÓN 7	31	26,7	7,9	5,45
ESTACIÓN 8	31	26,9	7,9	5,85

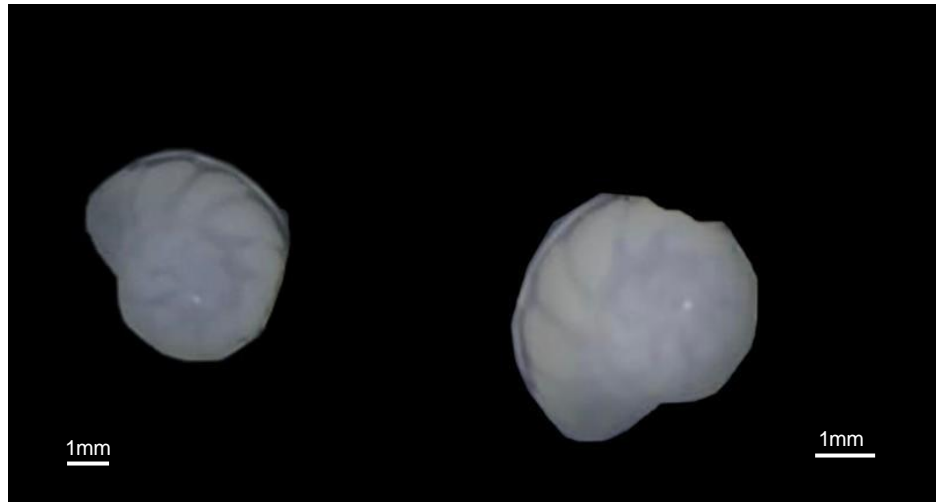


Figura 4. *Ammonia becarii*. Amplificación total 50X

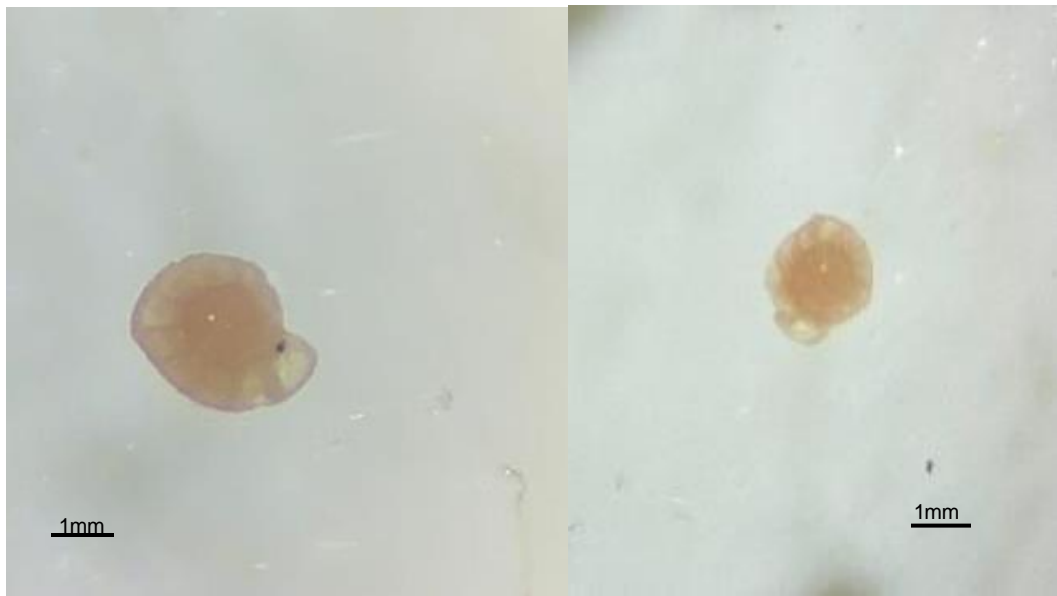


Figura 5. *Ammonia* sp. Amplificación total 50X.

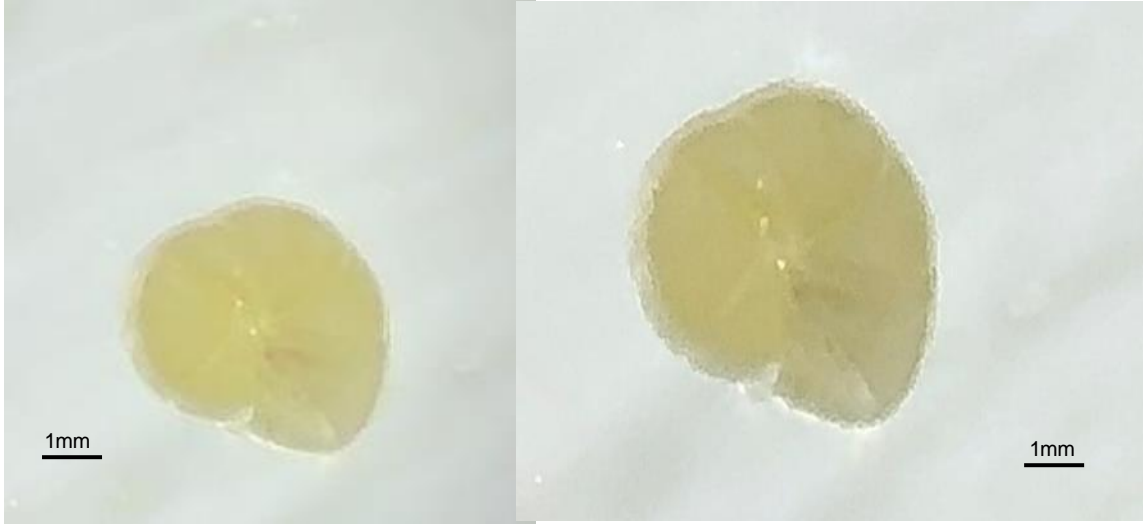


Figura 6. *haynesina germanica*, Amplificación total 50X



Figura 7. *Bolivina* sp. Amplificación total 50X.



Anexo 1. Toma de parámetros en el área de estudio.



Anexo 2. Toma de Salinidad.



Anexo 3. Medición de las estaciones.



Anexo 4. Extracción de muestra, Playa de San Pablo.