



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE MACROALGAS Y SU
RELACIÓN CON LOS FACTORES ABIÓTICOS DE LAS
PLATAFORMAS ROCOSAS INTERMAREALES EN LA PROVINCIA
DE SANTA ELENA**

AUTORA

Blga. Steffi Guadalupe Batten Cuadrado

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del grado académico en
MAGÍSTER EN BIODIVERSIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

TUTORA

Blga. Maritza Cárdenas Calle PhD.

La Libertad, Santa Elena, Ecuador

Año 2025



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos calificadores, aprueban el presente trabajo de titulación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por el Instituto de Postgrado de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

**PhD. Roxana Álvarez Acosta
COORDINADORA DEL
PROGRAMA**

**PhD. Maritza Cárdenas Calle
TUTORA**

**MSc. Xavier Piguave Preciado
ESPECIALISTA 1**

**MSc. Tanya González Banchón
ESPECIALISTA 2**

**Ab. María Rivera González, Mgs.
SECRETARIA GENERAL
UPSE**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

CERTIFICACIÓN:

Certifico que luego de haber dirigido científica y técnicamente el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por el cual apruebo en todas sus partes el presente trabajo de titulación que fue realizado en su totalidad por Blga. Steffi Guadalupe Batten Cuadrado como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Biodiversidad y Cambio Climático.

Atentamente,

PhD. Maritza Cárdenas Calle
TUTORA



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Blga. Steffi Guadalupe Batten Cuadrado

El trabajo de Titulación, “**Patrones de distribución de macroalgas y su relación con los factores abióticos de las plataformas rocosas intermareales en la provincia de Santa Elena**”, previo a la obtención del título en Magíster en Biodiversidad y Cambio Climático., ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Santa Elena, a los 02 días del mes de diciembre de 2025

Blga. Steffi Guadalupe Batten Cuadrado
AUTORA



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

AUTORIZACIÓN

Yo, Blga. Steffi Guadalupe Batten Cuadrado

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de la investigación con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este informe de investigación dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Santa Elena, a los 02 días del mes de diciembre de 2025

Blga. Steffi Guadalupe Batten Cuadrado
AUTORA

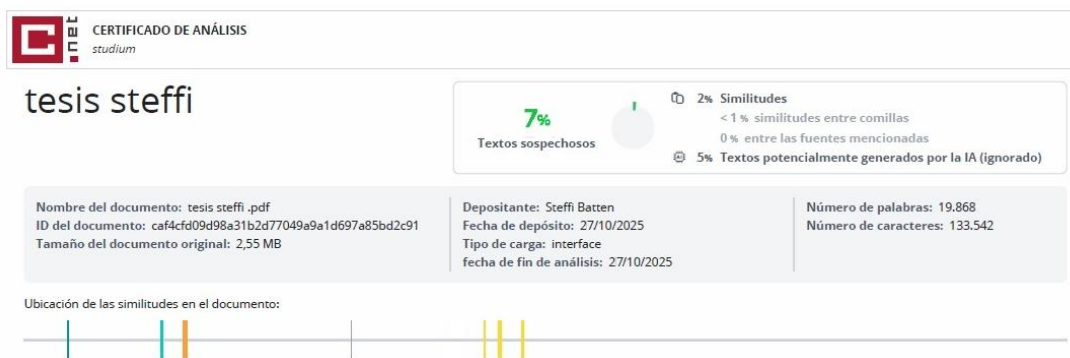


UPSE

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado **Patrones de distribución de macroalgas y su relación con los factores abióticos de las plataformas rocosas intermareales en la provincia de Santa Elena**, presentado por el estudiante, **Blga. Steffi Guadalupe Batten Cuadrado** fue enviado al Sistema Antiplagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 7%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.



PhD. Maritza Cárdenas Calle
TUTORA

ÍNDICE GENERAL

TUTORA	II
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	III
AUTORIZACIÓN	IV
.....	V
CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO	V
ÍNDICE GENERAL	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN	1
PROBLEMÁTICA	4
<i>Formulación del problema</i>	5
OBJETIVOS	6
<i>Objetivo General</i>	6
<i>Objetivos Específicos</i>	6
HIPÓTESIS	6
MARCO TEÓRICO	7
Antecedentes	7
Marco conceptual	11
<i>Zona intermareal rocosa</i>	11
<i>Zona intermareal rocosa una mirada a su importancia</i>	13
<i>Características de la zona intermareal rocosa</i>	15
<i>Flora y fauna del intermareal rocosa</i>	16
<i>Actuación del oxígeno en el literal rocosa</i>	18
<i>Macroalgas</i>	18
<i>Categorías asociadas a las macroalgas</i>	21
<i>Macroalgas y asociación hacia los factores abióticos de las plataformas rocosas intermareales</i>	23
METODOLOGÍA	25
Área de estudio	25
Modalidad de investigación	28
Alcance de la investigación	29
Población y muestra	29
Instrumentos de recolección de datos ambientales	32
Análisis en laboratorio	33
Análisis Estadístico	33

Análisis ecológico.....	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
Caracterización de las variables ambientales y geomorfológicas del litoral rocoso en las áreas de estudio.....	35
Composición, abundancia y diversidad de las macroalgas presentes en las plataformas rocosas de los sitios de estudio.....	44
DISCUSIÓN.....	87
CONCLUSIONES.....	93
RECOMENDACIONES.....	95
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
ANEXOS.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Coordenadas de las playas estudiadas	26
Tabla 2	Coordenadas UTM	27
Tabla 3	VARIABLES ambientales.....	41
Tabla 4	Rugosidad de las playas de estudio.....	43
Tabla 5	Pendiente de las playas	44
Tabla 6	<i>Ficha técnica Padina durvillaei</i>	45
Tabla 7	<i>Ficha técnica Ectocarpus spp.</i>	45
Tabla 8	<i>Ficha técnica Colpomenia sinuosa</i>	46
Tabla 9	<i>Ficha técnica Hydroclathrus clathratus</i>	46
Tabla 10	<i>Ficha técnica Bryopsis plumosa</i>	47
Tabla 11	<i>Ficha técnica Codium fragile</i>	47
Tabla 12	<i>Ficha técnica Cladophora columbiana</i>	48
Tabla 13	<i>Ficha técnica Cladophora prolifera</i>	48
Tabla 14	<i>Ficha técnica Ulva lactuca</i>	49
Tabla 15	<i>Ficha técnica Ceramium virgatum</i>	49
Tabla 16	<i>Ficha técnica Corallina officinalis</i>	50
Tabla 17	<i>Ficha técnica Jania pedunculata var. adhaerens</i>	50
Tabla 18	<i>Ficha técnica Acanthophora spicifera</i>	51
Tabla 19	<i>Ficha técnica Gelidium pusillum</i>	51
Tabla 20	<i>Ficha técnica Gelidium spp</i>	52
Tabla 21	<i>Ficha técnica Centroceras clavulatum</i>	52
Tabla 22	<i>Ficha técnica Dictyota dichotoma</i>	53
Tabla 23	<i>Ficha técnica Sargassum ecuadoreanum</i>	53
Tabla 24	<i>Ficha técnica Hypnea spinella</i>	54
Tabla 25	<i>Ficha técnica Ahnfeltia plicata</i>	54
Tabla 26	Índices ecológicos calculados en los sitios de estudio	74
Tabla 27	VARIABLES del literal rocoso	78
Tabla 28	Relación entre las variables ambientales y diversidad	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Referencia fotográfica de la ubicación San Lorenzo	36
Figura 2	Referencia fotográfica de la ubicación El Barco	37
Figura 3	Referencia fotográfica de la ubicación El Faro.....	38
Figura 4	Referencia fotográfica de la ubicación La Barca	39
Figura 5	Oxígeno por playa estudiada.....	42
Figura 6	Abundancia relativa de los filos.....	55
Figura 7	Abundancia por playa	56
Figura 8	Abundancia del estrato infralitoral San Lorenzo	57
Figura 9	Abundancia del estrato mesolitoral San Lorenzo	58
Figura 10	Abundancia del estrato supralitoral San Lorenzo	59
Figura 11	Abundancia del estrato infralitoral El Barco	61
Figura 12	Abundancia del estrato mesolitoral El Barco.....	62
Figura 13	Abundancia del estrato supralitoral El Barco	63
Figura 14	Abundancia del estrato infralitoral El Faro.....	65
Figura 15	Abundancia del estrato mesolitoral El Faro.....	66
Figura 16	Abundancia del estrato supralitoral El Faro.....	67
Figura 17	Abundancia del estrato infralitoral La Barca	69
Figura 18	Abundancia del estrato mesolitoral La Barca	70
Figura 19	Abundancia del estrato supralitoral La Barca	71
Figura 20	Frecuencia de especies por playa	73
Figura 21	Escalamiento multidimensional no métrico (nMDS).....	83
Figura 22	Análisis de conglomerados	84
Figura 23	Análisis de componentes principales (PCA).....	85

RESUMEN

Esta investigación determina los patrones de distribución de macroalgas y su relación con los factores abióticos en las plataformas rocosas intermareales de la provincia de Santa Elena. El estudio se desarrolló durante junio y julio de 2024 en cuatro playas representativas: San Lorenzo y El Barco, ubicadas en Salinas, y La Barca y El Faro, en Ballenita. Se aplicó el protocolo MBON P2P, utilizando transectos de 30 metros en tres niveles intermareales (supralitoral, mesolitoral e infralitoral). En cada nivel se registraron variables como temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pendiente y rugosidad, con ayuda de equipos multiparamétricos y análisis estadísticos multivariados. En total se identificaron 4113 individuos en 20 especies de macroalgas agrupadas en tres phyla: Rhodophyta (n=2372), Chlorophyta (n=963) y Ochrophyta (n=778), siendo Rhodophyta el de mayor representación con un 57,7% del total. Las especies más comunes fueron *Centroceras clavulatum*, *Acanthophora spicifera* y *Cladophora columbiana*, con diferencias en su presencia según el tipo de zona intermareal. Se observó una mayor diversidad y mayor equidad en El Faro, con un índice de Shannon-Weaver de 3.11, mientras que El Barco presentó la menor diversidad con un valor de 2.94, reflejando una comunidad con menos variedad de especies. Se concluye que variables como la temperatura, la rugosidad y la pendiente influyen de manera significativa en la composición y distribución de las macroalgas, aportando información clave para comprender los patrones ecológicos y fortalecer las estrategias de conservación en los ecosistemas intermareales de la provincia de Santa Elena.

Palabras clave: *Macroalgas, factores abióticos, diversidad, intermareal rocoso*

ABSTRACT

This research analyzes the distribution patterns of marine macroalgae and their relationship with abiotic factors on the rocky intertidal platforms of Santa Elena Province. The study was conducted during June and July 2024 at four representative beaches: San Lorenzo and El Barco, located in Salinas, and La Barca and El Faro, in Ballenita. Data collection followed the MBON P2P protocol, using 30-meter transects across three intertidal zones (supralittoral, mesolittoral, and infralittoral). At each level, variables such as temperature, salinity, dissolved oxygen, slope, and roughness were recorded using multiparametric equipment and multivariate statistical analyses. A total of 4,113 individuals were identified in 20 species of macroalgae grouped into three phyla: Rhodophyta (n=2,372), Chlorophyta (n=963), and Ochrophyta (n=778), with Rhodophyta being the most represented with 57.7% of the total. The most common species were *Centroceras clavulatum*, *Acanthophora spicifera*, and *Cladophora columbiana*, with differences in their presence depending on the type of intertidal zone. Greater diversity and equity were observed in El Faro, with a Shannon-Weaver index of 3.11, while El Barco had the lowest diversity with a value of 2.94, reflecting a community with less species variety. It is concluded that variables such as temperature, roughness, and slope significantly influence the composition and distribution of macroalgae, providing key information for understanding ecological patterns and strengthening conservation strategies in the intertidal ecosystems of the province of Santa Elena.

Keywords: *Marine macroalgae; abiotic factors; diversity; rocky intertidal zone*

INTRODUCCIÓN

El conocimiento sobre la biodiversidad es fundamental para acciones de conservación y sostenibilidad, dadas las incertidumbres provocadas en los últimos años por los efectos del cambio climático (Freitas et al., 2021). Pero siguen siendo generalizados los patrones significativos del desconocimiento, con muchos especímenes aún por describir formalmente y la distribución geográfica de la mayoría de los taxones no completa. Al mismo tiempo, las especies desaparecen o cambian su posición sin la intervención humana, «no registradas por la ciencia» debido al cambio climático y la degradación o pérdida de hábitats (Piñeiro et al., 2023).

La falta de información sobre las especies, la abundancia y la distribución dificulta los esfuerzos de conservación y restauración; este problema se ve exacerbado en áreas en desarrollo que suelen ser ricas en biodiversidad (Adams et al., 2019). En particular, los ecosistemas costeros intermareales se ven gravemente afectados por las alteraciones del cambio climático, que implican desplazamientos de especies marinas (Poloczanska et al., 2016). A medida que las especies templadas desaparecen de las áreas en las que el calentamiento hace que la temperatura supere su tolerancia térmica, se produce una pérdida directa de biodiversidad y efectos en cascada (Ullah et al., 2018). A menudo, estas son reemplazadas por especies tropicales, muchas de ellas invasoras, que pueden producir trastornos generalizados de toda la comunidad (Antão et al., 2020).

Además, a las poblaciones cercanas a los límites de su distribución se les considera más vulnerables a los impactos del cambio climático que las poblaciones centrales debido a condiciones ambientales menos propicias y menor capacidad de resistencia y recuperación (Monteiro et al., 2022). Desde esa perspectiva, las macroalgas son organismos centrales, dichas especies son fundamentales ya que actúan como

productores primarios y como proveedores de hábitat y refugios para una amplia variedad de especies animales (Bulleri et al., 2018).

Crecen mayoritariamente en zonas intermareales adheridas a superficies duras como rocas o corales muertos (Elecho et al., 2020). Además de su función ecológica, las macroalgas presentan un valor económico importante como fuentes de alginato, carragenina y agar (Handayani, 2019). Las costas rocosas intermareales, que se encuentran en todo el mundo, albergan ecosistemas diversos y productivos, estrechamente asociados a las algas marinas como sustrato y refugio de fauna marina (Schaefer et al., 2020; De Paula et al., 2020).

Su vida está condicionada por factores abióticos como las mareas, el oleaje y el tipo de roca (Sánchez & Torres, 2021), y viven cerca de sus límites fisiológicos debido a las condiciones extremas (Piñeiro et al., 2023), por esta razón se trabaja mucho tiempo sobre estos, si bien los impactos actuales del calentamiento global pueden compensar las tendencias e incluso poder estar sub registrados todavía (Thyrring & Peck, 2021; Smale et al., 2019).

Así, las bases de datos de información biológica que proporcionan un cimiento para detectar la tasa y el alcance de los cambios en la distribución y abundancia de las especies intermareales se vuelven fundamentales; en este contexto, sigue siendo crucial recopilar datos sobre la presencia y abundancia de especies y construir la base para monitorear el impacto del cambio climático en las comunidades intermareales (Mieszkowska et al., 2021). Las costas de la provincia de Santa Elena (Salinas y Ballenita) exhiben áreas con características de litorales rocosos. Estas zonas se encuentran influenciadas por actividades humanas como el turismo y la pesca artesanal. En los sectores más accesibles, el tránsito continuo de visitantes, la permanencia sobre las rocas y la acumulación ocasional de residuos producen perturbaciones físicas que pueden

modificar la estabilidad del sustrato y afectar los microhábitats del intermareal. Adicionalmente, la extracción artesanal de organismos como pulpos lapas u ostras generan remoción localizada del sustrato y cambios en la estructura biológica del hábitat. Aunque la pesca industrial ocurre en mar adentro cómo su actividad puede contribuir de manera indirecta a la calidad del agua costera. En conjunto esas presiones influyen en las condiciones ambientales del litoral rocoso y pueden repercutir en la composición y distribución de las macroalgas.

En este contexto como el objetivo general de esta investigación es determinar los Patrones de distribución de macroalgas y sus relaciones con factores abióticos de las plataformas rocosas intermareales en la provincia de Santa Elena.

JUSTIFICACIÓN

Las macroalgas desempeñan un papel fundamental en los ecosistemas costeros, actuando como productoras primarias y proporcionando hábitat y refugio para una diversidad de organismos marinos, incluyendo especies de importancia económica. Su papel como ingenieros de ecosistemas y su sensibilidad a las variaciones ambientales las convierte en bioindicadores eficientes del Estado ecológico del intermareal. Por ello, cualquier alteración en su distribución o abundancia puede generar efectos en cascada que afecten la biodiversidad y la funcionalidad de los ecosistemas costeros

En la provincia de Santa Elena, Los litorales rocosos constituyen ambientes dinámicos sometidos a presiones naturales y antrópicas, como el turismo como la extracción artesanal y las variaciones oceanográficas propias del Pacífico oriental. A pesar de su relevancia ecológica como estos hábitats han sido poco estudiados a nivel local, lo que limita la comprensión de sus dinámicas y dificultan la identificación de áreas sensibles. Comprender cómo responden las macroalgas a estos gradientes físicos y de las

perturbaciones humanas es esencial para identificar áreas sensibles y fortalecer la gestión ambiental de estos ecosistemas.

Finalmente, este estudio aporta información clave para la gestión y conservación de los litorales intermareales de Santa Elena como al evidenciar cómo los factores abióticos condicionan la distribución de las macroalgas. Sus resultados permiten establecer una línea de base ecológica necesaria para anticipar impactos asociados a cambio climático y orientar monitoreos futuros asimismo pueden servir como referencia para investigaciones en ecosistemas similares contribuyendo al conocimiento ecológico regional y global.

PROBLEMÁTICA

La biodiversidad terrestre y marina desempeña un papel fundamental en la conservación y desarrollo sostenible de los ecosistemas, los cuales son cada vez más vulnerables debido a los cambios climáticos globales. Este fenómeno no solo está alterando las condiciones físicas y químicas del planeta, sino también la distribución y abundancia de las especies, especialmente en regiones con altos niveles de biodiversidad. A pesar de la importancia de la biodiversidad para el equilibrio y la resiliencia de los ecosistemas, existe una significativa falta de conocimiento sobre las especies que habitan estos entornos, especialmente en cuanto a su distribución geográfica, su abundancia y su respuesta a las variables ambientales. Esta carencia de datos es especialmente alarmante en las zonas costeras intermareales, donde los ecosistemas marinos son particularmente sensibles a los cambios ambientales.

Las zonas intermareales rocosas de la provincia de Santa Elena representan un ejemplo de ecosistemas de alta biodiversidad expuestos tanto a presiones antropogénicas como a los efectos del cambio climático. Estas áreas no solo albergan una gran diversidad de macroalgas, que son vitales para la estructura y funcionamiento de los ecosistemas

costeros, sino que también soportan actividades humanas intensivas como el turismo y la pesca artesanal e industrial. La combinación de estos factores ha alterado las condiciones naturales de las plataformas rocosas intermareales, provocando cambios en las comunidades biológicas y en la salud general de estos ecosistemas. No obstante, La escasez de estudios que analicen la relación entre factores abióticos, como la temperatura, la salinidad, el oxígeno, Pendiente y rugosidad - Y una distribución de macroalga limita la capacidad de comprender las dinámicas ecológicas locales y dificulta el diseño de estrategias de conservación efectivas en estos ambientes.

Formulación del problema

En este contexto, surge la necesidad de investigar y responder a la siguiente pregunta: ¿Cómo influyen los factores Abióticos en la distribución de las macroalgas en las plataformas rocosas intermareales de Santa Elena y qué implicaciones tiene esto para comprender los efectos del cambio climático y la presión antrópica?

Esta pregunta de investigación es central para la comprensión de las dinámicas ecológicas en las zonas intermareales de Santa Elena y busca arrojar luz sobre las complejas interacciones entre los factores abióticos y las comunidades de macroalgas, las cuales son fundamentales para el equilibrio de estos ecosistemas.

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar los Patrones de distribución de macroalgas y sus relaciones con factores abióticos de las plataformas rocosas intermareales en la provincia de Santa Elena.

Objetivos Específicos

- Caracterizar las variables ambientales y geomorfológicas litoral rocoso (temperatura, salinidad, oxígeno, pendiente, rugosidad) en las áreas de estudio.
- Determinar la composición, abundancia y diversidad de las macroalgas presentes en las plataformas rocosas de los sitios de estudio.
- Correlacionar la información bioecológica de las macroalgas con las variables ambientales como temperatura, salinidad, oxígeno, pendiente y rugosidad.

HIPÓTESIS

H1 La composición, abundancia y la distribución de las macroalgas en las plataformas rocosas de Salinas y Ballenita se ven afectadas por la salinidad, la temperatura, el oxígeno, la pendiente y la rugosidad del sustrato.

MARCO TEÓRICO

Antecedentes

Desde la perspectiva internacional, estudios como los de Ramos et al. (2020), titularon a su estudio como “Cambios en la distribución de macroalgas intermareales a lo largo de un gradiente longitudinal en la costa norte de España”, se centraron en analizar la relación entre la cobertura de especies macroalgas intermareales y variables abióticas (temperatura de la superficie del mar, temperatura del aire y altura significativa de las olas) para detectar posibles cambios en los datos históricos. Los resultados enfatizaron una modificación en las comunidades en la parte interior del Golfo de Vizcaya, principalmente relacionada con un aumento en la temperatura del agua y el aire.

Además, cada grupo de algas marinas (especies templadas, templadas, oportunistas y exóticas) mostró un patrón diferente de modificación. Algas coralinas, *Bifurcaria bifurcata* y *Cistoseira baccata* han aumentado, lo que puede estar relacionado con la tendencia al calentamiento. Las especies exóticas *Asparagopsis armata* también ha aumentado, particularmente en las Rías Inferiores. Por otro lado, hubo una disminución drástica de las especies templadas frías *Himantalia elongata*. Los datos obtenidos apoyan la relación de macroalgas comunidades de especies y medio ambiente en el contexto de cambio climático en esta área en particular.

Por otro lado, los estudios de Gibbons & Quijón (2023), titularon a su tema como “Características de Macroalgal y su influencia en la biodiversidad asociada: implicaciones para la conservación y restauración”, su propósito se centró en examinar los diferentes roles desempeñados por las macroalgas, haciendo la distinción entre las características morfológicas asociadas con las especies individuales de algas marinas y las asociadas con las poblaciones o hábitats. La mayoría de los estudios a nivel (individual y poblacional) han identificado relaciones positivas entre características morfológicas

como la complejidad estructural (incluidas las dimensiones fractales) y la biodiversidad de invertebrados y la abundancia de varios grupos faunísticos.

En ese mismo sentido, algunas de estas relaciones son más fuertes que otras, a menudo con resultados complejos, lo que sugiere que los beneficios ecológicos actuales y futuros proporcionados por las macroalgas dependen fuertemente de las especies y el hábitat. Si bien el desplazamiento o la pérdida a escala local de algas marinas pueden continuar debido al 4 cambio climático, las características identificadas aquí pueden ser útiles a la luz de los esfuerzos de conservación y restauración. las características identificadas aquí pueden ser útiles a la luz de los esfuerzos de conservación y restauración. las características identificadas aquí pueden ser útiles a la luz de los esfuerzos de conservación y restauración.

En otra investigación, los estudios de Amamoo (2019), ha denominado a su investigación como “Distribución de macroalgas en la zona intermareal de Ghana”, el cual ha tenido la finalidad de evaluar de manera exhaustiva la distribución de macroalgas a lo largo de la costa de Ghana. Las macroalgas fueron muestreadas intencionadamente usando un cuadrante de 1 m x 1 m hecho de tubos de cloruro de polivinilo. La abundancia de especies se estimó como porcentaje de cobertura dentro de cada cuadrante, desde la marca de agua alta hasta la marca de agua baja en días seleccionados cuando la marea estaba más baja. La calidad del agua en cada ubicación se analizó en relación con cinco nutrientes (fosfato, nitrato, amonio, silicato y sulfato).

Este estudio no encontró evidencia del papel de los nutrientes en el patrón de distribución observado de macroalgas, atribuyéndolo posiblemente a la naturaleza temporal de corto plazo del estudio. Por lo tanto, se recomienda que en estudios futuros se realicen investigaciones a largo plazo en relación con el efecto de los nutrientes en la caracterización de la comunidad de macroalgas. Además, se sugiere la adopción de

técnicas moleculares para asistir en la caracterización taxonómica de macroalgas y el uso de vehículos aéreos no tripulados en las evaluaciones de campo para lograr una evaluación más completa.

Desde el contexto Latinoamericano, el estudio de Costilla (2019), denominado “Estructura y distribución de la comunidad de macroalgas bénticas asociadas a la zona mesolitoral de la plataforma rocosa de playa Caribe, Chuspa, estado Miranda”, tuvo la finalidad de evaluar la estructura y distribución espacial de la comunidad de macroalgas bénticas asociadas a la zona mesolitoral de la plataforma rocosa de Playa Caribe, estado Miranda. En síntesis, el estudio agregó 24 nuevos registros de algas en el Edo (Patiño et al., 2023). Miranda y resalta la necesidad de estudiar más a fondo la región.

De igual manera, la plataforma exhibe alta diversidad y equidad de especies con baja dominancia. La rica diversidad se relaciona con la existencia de variados ambientes que favorecen la proliferación de diversos grupos de especies y sustenta la hipótesis de heterogeneidad. Los valores de los índices de importancia señalaron un nivel de contaminación moderado, en la medición de riqueza, a pesar de la heterogeneidad y gran variabilidad de las especies entre hábitats. Se evidenció que cobertura y biomasa, resultaron ser los factores de mayor significación, aunque la pendiente y la corriente también lo fueron. Además, el estudio confirma la elevada diversidad biológica y la importancia ecológica de las plataformas rocosas como ecosistemas marinos.

En otro estudio, denominado “Diversidad de macroalgas bentónicas y su relación con el sustrato en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo”, los autores Patiño et al. (2023), tuvieron el propósito de determinar la diversidad alfa, beta y gama de especies de macroalgas bentónicas del sur del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, e identificar las clases de sustrato usadas para la colonización del ambiente bentónico. Los

resultados enfatizaron que Huerta y Garza reportaron el primer estudio de macroalgas en Xcalak, registrando 108 especies, de las cuales 24 coinciden con este.

También, Conanp informó la identificación de 56 especies en la Poza del PNAX, 38 de las cuales se encontraron durante este trabajo. En total, ambos estudios previos y este compartieron 40 especies, con el resto como nuevos registros, incluido el nuevo para el Caribe mexicano *Centroceras gasparrinii*. La mayoría de algas rojas se registran en Isla Mujeres y Cozumel, aunque predominan las verdes en el plan de manejo del PNAX, posiblemente debido a la estacionalidad y al esfuerzo de muestreo. En cuanto a la preferencia de sustrato, Halimedaceae y Udoteaceae crecen sobre sustrato arenoso en zonas someras, mientras que Halimeda se encontró en sustrato de esqueleto de coral en zonas profundas. La alta abundancia de epífitas sugiere su papel en la estructura del ecosistema. Fullana encontró que la ZLA2, con alta heterogeneidad de sustrato, fue la más propicia para el establecimiento de epífitas.

Por otro lado, los aportes de Romero (2019), del estudio “Diversidad de flora y fauna asociada a la zona intermareal rocosa de la playa “El Colorado” del distrito de Huacho, 2017”, tuvieron como finalidad determinar la diversidad de especies de la flora y fauna asociadas a la zona intermareal rocosa de la playa “El colorado” del distrito de Huacho, 2017 con la finalidad de implementar las estrategias de conservación. La metodología de la investigación fue con enfoque cuantitativo, descriptivo cuasiexperimental, basado en la recopilación de información del registro de especies e individuos identificados en las parcelas evaluadas en el periodo de investigación.

Los resultados manifestaron la riqueza específica S reportada fue de 35 especies, de las cuales 28 son fauna y 7 son flora. Las tres especies más abundantes fueron *Semimytilus algosus*, *Littorina peruviana* y *Gigartina chamissoi*. Los índices de diversidad arrojaron $H' = 0.98 \text{ bits ind}^{-1}$; el índice de dominancia de Simpson fue de

0.45, mientras que el índice de uniformidad de Pielou fue de 0.50. A manera de conclusión, se pudo enfatizar que la riqueza específica de flora y fauna para el sitio de estudio es alta y representativa de las zonas intermareales rocosas del Perú. Dentro del contexto ecuatoriano, los estudios son demasiados escasos y no presenta temas que se correlacionen de manera prominente con el tema planteado, sin embargo, según el estudio de Fajardo & Cornejo (2020), tuvieron como objetivo realizar una revisión bibliográfica y de herbario para determinar el estado actual de las macroalgas marinas distribuidas en la zona intermareal a lo largo del perfil del Ecuador continental. En esta región se registran 4 filum: Rhodophyta (92 spp.), Chlorophyta (50 spp.), Ochrophyta (24 spp.) y Charophyta (1 sp.), éstos comprenden un total de 7 clases, 23 órdenes, 41 familias, 62 géneros y 167 especies distribuidas a lo largo de las 5 provincias costeras de Ecuador.

Entre éstas, Florideophyceae (Rhodophyta) es la clase con mayor número de especies a nivel costerocontinental (90 de un total de 92 spp.), y la más diversa en cada una de las provincias analizadas. Charophyta con sólo una especie (*Nitella*, *Characeae*) se registra solamente en Esmeraldas. A nivel nacional continental, Esmeraldas es la provincia que registra mayor número de géneros (35) y especies (47). La costa del Ecuador continental comprende un área insuficientemente estudiada, el conocimiento ficológico en esta región se ha sextuplicado en los últimos 25 años, la generación de información taxonómica continúa en orden creciente.

Marco conceptual

Zona intermareal rocosa

Las zonas intermareales rocosas son hábitats marinos considerados zonas de transición entre el océano y la tierra que pueden expresarse como acantilados, playas de cantos rodados o plataformas rocosas que, a su vez, influyen en la distribución y composición de organismos predominantemente marinos adaptados para resistir factores

abióticos como la temperatura, la abrasión mecánica de las olas y el grado de hidratación. Por lo tanto, estos organismos exhiben rápidamente etapas avanzadas procedimentales al resistir la abrasión y la eliminación a baja velocidad, lo que resulta en una alta estabilidad. Como resultado, los litorales rocosos poseen un alto grado de diversidad y productividad al servir como sustrato de fijación para los organismos sésiles y refugio y alimentación para las comunidades de invertebrados, peces y mamíferos marinos debido a su complejidad tridimensional (Costilla, 2019).

Según la apreciación de Angulo et al. (2021), la zona intermareal rocosa es el paisaje marino costero predominante por área en varios lugares del mundo. Esta extensión alberga comunidades biológicas que son extremadamente diversas y funcionalmente complejas. Los distintos hábitats o “ecosistemas” inmersos en este paisaje son distinguibles, definibles e influidos por una serie de condiciones, factores y presiones biológicas, físicas y químicas, internas y externas, que varían enormemente, como principalmente lo hacen debido a la variabilidad asociada al régimen de mareas e infecciones solares, entre otros.

El intermareal rocoso es un hábitat marino situado en la interfaz con el hábitat terrestre, y sus límites se extienden desde el punto más alto alcanzado por la marea hasta el punto más bajo. A pesar de que, a primera vista, esta parte parece haber sido diseñada para ser inhóspita; de hecho, el intermareal rocoso es un ecosistema marino que posee muchos organismos de diversos niveles taxonómicos, los cuales poseen adaptaciones fisiológicas, anatómicas y de comportamiento específicas de la comunidad. Si se alude a la variabilidad térmica, humedad, radiación, fuerza de las olas y predadores marinos y terrestres, se puede visibilizar que en este hábitat, los organismos tienen que soportar la variabilidad física extrema y los fuertes disturbios (P. Martínez et al., 2022).

El intermareal rocoso es un entorno caracterizado por una compleja variedad geomorfológica, que se forma debido a la erosión del suelo provocada por las mareas y el impacto del oleaje. Además, este ambiente alberga organismos que tienen la capacidad de alterar la estructura del sustrato duro, generando fisuras y creando estructuras variadas y complejas, lo que convierte a este lugar en un hábitat para numerosas especies de invertebrados, como los crustáceos. Estas condiciones proporcionan refugio y recursos alimenticios, y también sirven como áreas de anidación y desarrollo para grupos específicos, como los cirrípedos (Ramos et al., 2023).

Cabe añadir que las playas rocosas del litoral ecuatoriano presentan una gran diversidad, especialmente debido a la variación en sus orígenes geológicos. Estas playas pueden estar compuestas por una combinación de roca volcánica o extensiones de piedras suavizadas, que incluyen grietas que forman charcas intermareales. En estas charcas es posible hallar una variedad de organismos, lo que permite que ciertas especies se localicen en áreas donde otras no se encuentran (Nativí et al., 2021; Moreno, 2022).

Zona intermareal rocosa una mirada a su importancia

Estas regiones son el hogar de una amplia gama de seres marinos que desarrollaron adaptaciones especiales para sobrevivir en un ambiente extremo y rápidamente cambiante, dominado no solo por la fuerza de las olas, sino también por la diferencia entre mareas altas y bajas. Es importante recordar que, si se analiza desde un punto de vista biológico, los ríos rocosos intermareales son el refugio más importante para una diversidad de especies marinas muy excesiva. Macros algas, moluscos, crustáceos, equinodermos y más rizomorfos varios encuentran protección y variedades alimenticias en las hendiduras y cavidades de las rocas. Además, estas especies

desempeñan un papel significativo en el suministro de alimentos a otros animales, incluidos peces y aves marinas (Mera, 2022).

La relevancia de la zona intermareal rocosa radica en su carácter de puente entre ecosistemas terrestres y marinos y su contribución a la biodiversidad a nivel mundial. Alberga una gran cantidad de especies, entre las que se incluyen algas, crustáceos, moluscos, gusanos costeros y también aves que viven o migran para escapar de las estaciones frías. Muchas de estas especies son esenciales para la cadena alimentaria y son importantes para la pesca y la acuicultura locales en cada área geográfica (Araujo et al., 2024).

En otro aspecto, además de su función como zona de fuga litoral, la zona intermareal tiene un papel crucial en la prevención de la erosión costera en todas partes y en la disminución de la intensidad de las olas. Las plantas y los animales que viven en la zona intermareal además son responsables de la purificación de agua y la absorción de nutrientes. El ecosistema intermareal es, por lo tanto, un área de vital importancia que afecta mucho al entorno y al hombre. Por lo que, debe ser protegido y mantenido para evitar su extinción y garantizar la existencia de su función en la red global (Araujo et al., 2024).

Por otra parte, el ecosistema intermareal rocoso tiene un valor ecológico significativo, porque el hábitat proporciona condiciones para las algas y los animales marinos, adaptados a las condiciones del hábitat, que a su vez son alimento para otros muchos organismos marinos. La misma zona intermareal es considerada una protección natural de la erosión de la costa (Martínez et al., 2022).

Las áreas intermareales, principalmente los sustratos rocosos, son hábitats cruciales para las algas marinas, cuya diseminación está determinada por factores

abióticos, como las mareas, las olas y el tipo de roca. Estos hábitats de sustrato rocoso son plataformas, acantilados y cantos rodados. La vegetación de la Zona Intermareal Rocosa se compone de algas rojas, verdes y marrones, consiguiendo una interacción con la mayor parte de una fauna invertebrada. La zona intermareal se divide en tres áreas, supralitoral, mesolitoral e infralitoral, y los factores que determinan las condiciones ambientales incluyen desecación, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto (Sánchez & Torres, 2021).

Características de la zona intermareal rocoso

El ecosistema de la región intermareal, la frontera entre el océano y la tierra firme, es complicado debido a las grandes diferencias en la estructura y la dinámica de esta región, dependiendo del lugar específico en el que se encuentre. Aunque las rocas, las grandes playas de arena y los lodos cubiertos de vegetación pueden parecer lugares diferentes, todos tienen áreas de transición que contienen organismos vegetales y animales que desarrollan adaptaciones y desempeñan funciones similares para sobrevivir en este entorno. A continuación, se presentan las características clave comunes a todos los tipos de zonas intermareales (Araujo et al., 2024):

- **Biodiversidad:** El intermareal es uno de los ecosistemas más ricos del planeta en especies y alberga una gran cantidad de plantas y animales, muchos de los cuales son endémicos de esta región.
- **Nutrición:** La región intermareal es una fuente muy importante de alimentos para muchos animales terrestres y acuáticos, incluyendo aves marinas, peces y otras criaturas acuáticas.
- **Ciclos nutricionales:** Fertilizan los sedimentos intermareales y crean hábitats

adecuados para el desarrollo de la flora y fauna marina. Los procesos de reciclaje y descomposición de nutrientes son importantes para la sostenibilidad de los ecosistemas costeros.

- **Cuidado de la costa:** Además, las plantas que viven en el mar juegan un papel importante en la protección de la tierra de la erosión y las tormentas, ya que estabilizan el suelo con sus raíces y absorben agua.
- **Investigación:** Desde un punto de vista científico, la región intermareal es uno de los lugares más interesantes para investigar para comprender mejor cómo los organismos marinos interactúan con su entorno.
- **Entretenimiento:** Además, podemos disfrutar personalmente de las playas y del mar observando la vida silvestre, pescando, caminando, etc.

Flora y fauna del intermareal rocoso

Las criaturas y las plantas, incluyendo algas, están dispuestas para reaccionar a los cambios bruscos en el intermareal rocoso del entorno, el oleaje y la desecación que son principalmente desafíos para estos ecosistemas. Un reflejo específico de los cambios de las mareas es la distribución específica de los organismos en ubicaciones particulares dentro de su hábitat (Araujo et al., 2024). Pues sucede que los caracoles del mar, las lapas y las algas rojas y verdes son comunes en la zona alta de intermareal; la zona de intermareal medio está dominada por pequeños percebes; la porción inferior es hogar de mejillones, algas pardas y rojas, percebes grandes y gasterópodos. Finalmente, la porción inferior del intermareal sostiene algas pardo-laminarias o pastos marinos. Para reaccionar a los desafíos establecidos por el intermareal rocoso, criaturas y las algas marinas han reaccionado de manera diferente. Para prevenir la desecación, las criaturas buscan áreas

de charca de marea o áreas de menor temperatura o humedad, como lapas y caracoles marinos (Southward, 1958; Miller & Spoolman, 2009 como se citó en Araujo et al., 2024).

Para resistir el desplazamiento de las mareas, los animales desarrollan el desove de una especie de “pegamento” compuesto de grasas y proteínas o vierten secreciones mucosas que utilizan como medio de adherencia en las rocas, por ejemplo, corales de amor y balan (Gohad et al., 2014). Otros organismos que se adhieren a las rocas con la ayuda de una estrategia similar son las barnaclerías que secretan filamentos parecidos a cabellos que les ayudan a fijar su cuerpo a las rocas y, al mismo tiempo, a adherirse a sus parientes: los miembros de la misma especie (McCartney, 2021). Las algas también están equipadas con esta cualidad: pueden formar ese “pegamento”, pero para muchos tipos las formas estacionales están dominadas por costras, arbustos y cortezas, y materiales que las hacen extremadamente flexibles, elásticos y atenuantes (Satjarak et al., 2016).

No basta con tener una fuerza vital para sobrevivir en el intermareal; colaborar con los organismos colindantes también es lo suficientemente crítico para fomentar la facilitación en la supervivencia. La propensión cooperativa puede ser negativa o positiva. Las negativas conllevan daño para al menos uno de los participantes, como la depredación en la que las anémonas se alimentan de los animales a su alrededor o las babosas de mar se alimentan de algas. Las positivas no causan daño y son útiles para enriquecer la vida. Y es que los cangrejos ermitaños viven en conchas de caracoles y los desechos de animales fertilizan las algas. Tales dinámicas son esenciales para sostener el ecosistema, con especies claves como las estrellas de mar controlando las poblaciones de erizos y mejillones (Satjarak et al., 2016; Araujo et al., 2024).

Otro animal que también se puede encontrar en los intermareales es el ave playera; estos se encuentran rondando las áreas de la mar y las pozas de marea durante su periodo de alimentación de cangrejos, caracoles y gusanos marinos. Otros visitantes igual de importantes que los arriba mencionados son los peces; charrascos, sargaceros, rocotes, chupapiedras, chafarrocas y gobios. Finalmente, hay ocasiones muy excepcionales cuando se encuentran animales que normalmente no estarían en el intermareal, como la medusa (Araya & Aliaga, 2018).

Actuación del oxígeno en el litoral rocoso

Uno de los elementos más importantes en el litoral rocoso es el oxígeno disuelto. Este gas es esencial para los procesos biológicos y ecológicos, ya que permite la respiración celular de varios grupos de organismos marinos, como invertebrados, peces y microorganismos. El oxígeno disuelto en el agua proviene del intercambio con la atmósfera y de la fotosíntesis realizada por grandes algas y macroalgas. Por lo tanto, la disponibilidad de oxígeno regula la distribución y la abundancia de las especies (Horn et al., 2021).

Las zonas de alto nivel de oxígeno pueden sostener comunidades diversas y equilibradas, mientras que una disminución en su concentración suele estar asociada con el estrés fisiológico y la reducción de la tasa de metabolismo, pudiendo llevar a la muerte en casos extremos. En términos conceptuales, el oxígeno disuelto es un indicador de la calidad ambiental: los niveles altos suelen indicar un ecosistema saludable y activo, mientras que las bajas concentraciones están asociadas con la contaminación, la sobrecarga por materia orgánica o las altas temperaturas (Horn et al., 2021).

Macroalgas

El término algas abarca un grupo sumamente diverso de organismos vivos, la mayoría de los cuales son acuáticos, que van desde especies unicelulares, es decir, son tan pequeños que no pueden ser vistos por el ojo humano e incluso a través de un microscopio, hasta especies multicelulares y de mayor tamaño que pueden ser reconocidos sin la ayuda de dispositivos ópticos (Martínez et al., 2022). En ese aspecto, las algas macroscópicas, o macroalgas, que hacen referencia a las algas marinas que se ven comúnmente cubriendo las rocas durante un paseo por la orilla del mar en marea baja, no tienen hojas, raíces ni tallos, aunque a menudo se les llama coloquialmente vegetales marinos debido a su uso en la cocina. Al igual que una orquídea, una macroalga se aferra al sustrato rocoso en el que crece a través de un disco basal pero no toma nutrientes del suelo. En esas algas y en las plantas reales, el tejido estructural es diferente (Incera et al., 2011).

Las macroalgas marinas, son organismos autótrofos, que utilizan la luz como fuente principal de energía y existen principalmente en áreas costeras, ya que se fijan al fondo marino. Poseen aproximadamente 10 000 especies, se agrupan en tres filos o grupos de clases que se diferencian únicamente de acuerdo al pigmento que utilizan en la fotosíntesis. Estos grupos son: algas verdes Phylum Chlorophyta, algas rojas Phylum Rhodophyta y algas pardas Phylum Heterokontophyta, Clase Phaeophyceae (Espinosa et al., 2021). Además de que estos organismos han sido utilizados como fuente recurso natural por las comunidades costeras, ya que estas obtenían la biomasa algal en las playas y la utilizaban para la fertilización de tierras agrícolas. Así, las macroalgas marinas y sus extractos se emplean como una alternativa de fertilización con el objetivo de evitar la dependencia excesiva de agroquímicos, mejorar la productividad de las cosechas, promover la producción de alimentos orgánicos y disminuir la degradación del agroecosistema (López et al., 2020).

Las macroalgas son un grupo polifilético heterogéneo de organismos morfológicamente similares a los vegetales. Las especies pardas de tonalidad pertenecen al reino protista, además de, los rojos y verdes son eucariotas. Las algas varían desde organismos unicelulares hasta microorganismos fotoautótrofos dominantes presentes en ambientes acuáticos hasta plantas multicelulares (Shah et al., 2022). Las algas como las pardas, las algas marinas verdes, las algas marinas rojas y las algas dúctiles verdes son aquellas que combinan una cantidad significativa de azúcares que representan entre 20% y 50% de la masa seca. La adición de algas al suelo (el uso más común y eficiente es en forma de harina de algas) es útil para promover la calidad del fruto y mejorar el rendimiento de la cosecha debido a que las algas suman más a los cultivos que todos los macro y micronutrientes necesarios para la planta. Así, los nutrientes suman una cantidad significativa de compuestos naturales, polifenoles, cuyos efectos son parecidos a los de los reguladores del crecimiento utilizados (Edwin et al., 2023). Así mismo las macroalgas cumplen un papel fundamental en los ecosistemas marinos costeros son ingenieras de ecosistemas costeros, es decir que modifican y estructuran el hábitat. Además, sustentan redes alimentarias al favorecer la disponibilidad de recursos y sostener complejas redes alimentarias. Las macroalgas forman parte esencial del bento intermareal y contribuyen significativamente a la productividad marina (Bowles et al., 2023).

Si nos referimos a su taxonomía se agrupan en tres grandes filos: Rhodophyta (rojas), Phaeophyta (pardas) y Chlorophyta (verdes) cada una con características pigmentarias y fisiológicas que determina su distribución y tolerancia a las condiciones ambientales (Guiry & Guiry, 2024)

Categorías asociadas a las macroalgas

Chlorophyta

Las Chlorophyta, también llamadas algas verdes o clorofíceas, son un grupo de diversas algas cuyo pigmento predominante es la clorofila A y la B. También contienen xantófilas como luteína, violaxantina, neoxantina y enteroxantina, que les confieren un color verde único, ayudando a identificarlas en su hábitat natural. Esta clase de algas sintetizan almidón en su estructura para almacenar energía para sus células. La morfología de las Chlorophyta es muy diversa, pudiendo ser pluricelulares o unicelulares, móviles o inmóviles e incluso estructuras filamentosas. Su capacidad de reproducción sexual y asexual les permite colonizar una gran cantidad de ambientes. Por lo tanto, es muy común en los ecosistemas acuáticos: el 90% de las especies reside en ambientes dulceacuícolas y solo el 10% en ambientes marinos (Valverde, 2023).

El filo Chlorophyta es diverso y representa 11 clases en la actualidad, aunque puede haber más, especialmente en los Chlorophyceae, Trebouxiophyceae, y Ulvophyceae, que son los más ricos en especies (Daugbjerg et al., 2020). Además de estas, hay clases más recientes y de menos tamaño, como Chlorodendrophyceae, Chloropicophyceae, Chuariophyceae, Mamiellophyceae, Nephroselmidophyceae, Pedinophyceae, Picocystophyceae, y Pyramimonadophyceae. Estas nuevas clases, sumadas a su potencial de descubrimiento, reflejan la riqueza taxonómica del grupo (Guiry, 2023).

Rhodophyta

Estos son seres vivos que poseen células con núcleo definido y, en su mayoría, están compuestos por múltiples células, exhibiendo una gran variedad en su forma y

estructura. Además, no se encuentran frecuentemente en cuerpos de agua dulce. Entre seis mil y ocho mil especies existen, de las cuales un 90% habita en ecosistemas marinos. Las algas también tienen orígenes genéticos. Un gran número de ellas se encuentran calcificadas y forman la base principal de los corales modernos. Los datos más recientes indican que, desde el punto de vista genealógico, estas algas tienen un parentesco cercano con las algas verdes, lo que permite considerarlas como auténticas plantas (Batista et al., 2018).

Las algas rojas comprenden un extenso grupo de organismos eucariotas, que pueden ser tanto unicelulares como multicelulares, y presentan una notable diversidad en cuanto a formas y ciclos de vida. No poseen flagelos, pero esto no les impide tener una variabilidad más que extensa. Del grupo de algas rojas, se obtiene el agar y la carragenina. El alga roja del género *Porphyrium* es un organismo unicelular y se emplea en investigaciones científicas para comparar los procesos de fotosíntesis entre algas rojas y verdes. Los pigmentos de las algas rojas incluyen ficobiliproteínas, clorofilas A y D, la ficoeritrina. También incluyen la ficocianina azul, así como luteína, zeaxantina, y carotenos. La mayoría de estas algas tienen un ciclo vital complejo con distribución heterogénea (Batista et al., 2018).

Ochrophyta

Son organismos conocidos como algas marrones que presentan cloroplastos con un matiz amarillento a marrón oscuro. Por presentar cuatro membranas, se presume que los cloroplastos de estas algas son los resultados de antiguos Procariotas que se volvieron endosimbiontes, considerado endosimbiosis secundaria. Esta alga es un organismo fotosintético multicelular y produce un pigmento dominante llamado fucoxantina, que es

responsable de su color marrón amarillento a oscuro. Las algas marrones también producen un polisacárido de almacenamiento llamado laminarina.

Más de dos mil doscientas especies de algas pardas habitan en entornos marinos. Usualmente, estas algas alcanzan tamaños enormes, llegando a medir varios metros de largo. Aunque no se consideran plantas en un sentido estricto, hay una especie gigante llamada Kelp que ha desarrollado estructuras anatómicas semejantes a las de las plantas y actúa como un árbol. La mayor parte de las algas pardas son macroalgas y de gran tamaño, creando verdaderos bosques submarinos. Sin embargo, es importante destacar que también existen algunas microalgas dentro de este grupo, aunque en menor número. Las paredes celulares de las algas Kelp y *Macrocystis* contienen ácido algínico. Estas algas tienen una gran relevancia en la industria debido a su utilización en la producción de una variedad de productos, incluidos medicamentos. El ácido algínico es un polisacárido natural que se obtiene principalmente de algas pardas, compuesto por ácido manurónico y ácido glucurónico. Además, estas algas contienen clorofila A y C, así como carotenos y xantofilas. En la mayoría de las algas pardas, sus células presentan flagelos, los cuales pueden estar en las zoosporas, gametos o ambos (Batista et al., 2018).

Macroalgas y asociación hacia los factores abióticos de las plataformas rocosas intermareales

Las macroalgas especialmente las que se encuentran en áreas rocosas, juegan un papel clave en los ecosistemas oceánicos por su estrecha relación con los componentes no vivos de estas áreas. Por un lado, las plataformas rocosas forman un soporte firme y duradero en el que las macroalgas pueden afianzarse y desarrollarse, mientras que los componentes no vivos, como la luz, la temperatura, la salinidad y la corriente de agua, también determinan la ubicación y la disponibilidad de las algas. Sin embargo, las algas

macroscópicas no son solo destinatarias de factores no vivos en tales áreas rocosas, sino que crean nuevos ambientes, es decir, hábitats biotópicos que promueven la convivencia de una variedad de organismos, desde microorganismos hasta animales multicelulares (Vilchis et al., 2018).

La estructura proporcionada por las algas macroscópicas hace las veces de refugio y de superficie en la cual puedan anclarse, lo que aumenta la complejidad de las interacciones biológicas y promueve la diversidad de comunidades marinas. Los estudios sobre la distribución de las algas macroscópicas en áreas rocosas indican que su diversidad y abundancia se correlacionan directamente con las condiciones no vivas específicas de cada sitio, incluidas la luz que llega a las zonas más profundas, la temperatura y las corrientes (Vilchis et al., 2018).

Las macroalgas, que incluyen las divisiones clorofita las algas verdes, rodofita las algas rojas, y ocrofita las algas pardas, se encuentran mayoritariamente adheridas a sustratos consolidados como plataformas rocosas en las zonas intermareales. Estos sustratos están sujetos a variaciones físicas significativas como el oleaje, el nivel del mar y la desecación, que directamente influyen sobre la composición y abundancia de las macroalgas. Factores abióticos como la rugosidad del sustrato, la temperatura y la salinidad son claves en la distribución de las macroalgas. Los sustratos rugosos, por ejemplo, retienen más humedad y favorecen la preservación de más especies, mientras que los sedimentos finos suspendidos pueden limitar su capacidad fotosintética. La interacción entre estos factores genera un patrón de zonación, en que las algas verdes predominan en áreas expuestas, las algas rojas en áreas protegidas, y las algas pardas en aguas más profundas (González et al., 2017).

METODOLOGÍA

Área de estudio

El estudio se realizó en Salinas y Ballenita durante junio y julio de 2024, donde se levantó información sobre las comunidades de macroalgas (Figura 1). En Salinas se muestrearon las playas San Lorenzo y El Barco, mientras que en Ballenita se trabajó en La Barca y El Faro. Las zonas de playas de Salinas y Ballenita, localizadas en la provincia de Santa Elena, Ecuador, presentan un clima tropical árido con temperaturas promedio anuales que oscilan entre 24 y 28 °C, siendo febrero y marzo los meses más cálidos; y julio-agosto, los más frescos debido al fenómeno de la corriente de Humboldt. La climatología local exhibe dos estaciones definidas: una estación seca (mayo a diciembre) con cielos parcialmente nublados y una brisa constante; y una estación lluviosa (enero a abril) con aumento en la humedad y precipitaciones moderadas.

En términos de hábitat, ambas zonas albergan ecosistemas marino-costeros que comprenden playas arenosas, acantilados rocosos, zonas intermareales y fondos marinos con algas, pequeños arrecifes y una rica fauna y flora marina, los cuales son determinantes para el mantenimiento de especies de moluscos, crustáceos y aves marinas. Salinas posee una longitud costera de aproximadamente 6 kilómetros con una gran cantidad de infraestructura turística y urbana, mientras que Ballenita, con unos 2,5 km de largo, retiene un carácter más tranquilo, con presencia de formaciones rocosas y mayor riqueza en la zona intermareal. Ambas zonas se encuentran expuestas a variaciones antrópicas y naturales que han incidido en la biodiversidad y estabilidad de sus hábitats.

En donde la zona de la playa Salinas abarca una extensión que va desde el Yacht Club hasta el sureste, caracterizada por una abundante presencia de arena suelta. A partir de la calle "24 de mayo", la playa adopta una forma más lineal, aunque al mismo tiempo

se vuelve más angosta. Esto lleva a que, en ciertos tramos hacia el este, la playa tienda a desaparecer durante las mareas altas y alcanza una extensión aproximada de 1.284 metros y la temperatura promedio es de 26 °C (Suárez & Ramos, 2017).

Además, el sitio “Ballenita”, se encuentra a 5 minutos de la Libertad en el centro El Tablazo, con una extensión de 1600 metros, con 300 metros de arena y roca, y 20 metros de zona rocosa, tiene una temperatura promedio de 24 a 34 °C de enero a marzo y de 18 a 25 °C de junio a noviembre (Chiluiza et al., 2012).

Figura 1

Ubicación de los sitios de estudio

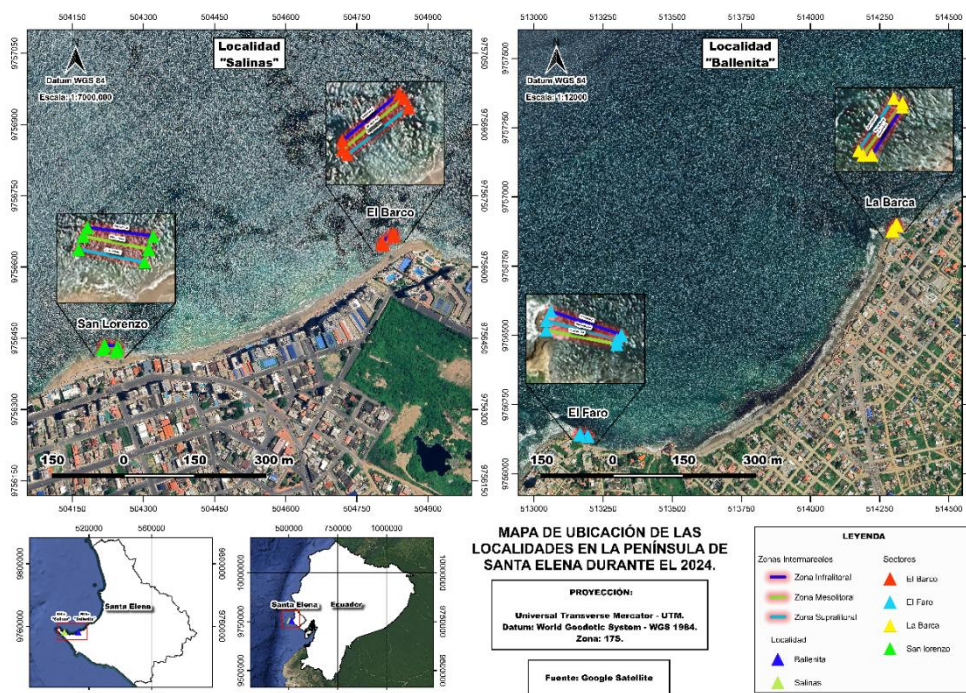


Tabla 1

Coordenadas de las playas estudiadas

Zona	Playa	Coordenadas
Salinas	San Lorenzo	-2.201707, -80.975055
	El Barco	-2.201428360673477, -80.95677347512321
Ballenita	La Barca	-2.201428360673477, -80.95677347512321
	El Faro	-2.2062815229118318, -80.88189595976843

Como se observa en la Tabla 1, las coordenadas UTM registradas corresponden a distintos sectores del litoral, específicamente en San Lorenzo, El Barco, El Faro y La Barca. Cada punto está delimitado en tres franjas: infralitoral, mesolitoral y supralitoral, indicando posiciones de inicio y fin que permiten ubicar con precisión espacial la zona estudiada (Tabla 2).

Tabla 2

Coordenadas UTM

San lorenzo - UTM		
Infralitoral	Mesolitoral	Supralitoral
Inicio	Inicio	Inicio
x= 504217.93	x= 504216.08	x= 504214.22
y= 9756436.57	y= 9756432.89	y= 9756427.36
Fin	Fin	Fin
x= 504245.73	x= 504243.87	x= 504242.02
y= 9756432.89	y= 9756427.36	y= 9756421.84
El Barco - UTM		
Infralitoral	Mesolitoral	Supralitoral
Inicio:	Inicio:	Inicio:
x= 504805.41	x= 504803.55	x= 504803.55
y= 9756646.57	y= 9756648.41	y= 9756652.09
Fin:	Fin:	Fin:
x= 504829.50)	x= 504827.65	x= 504825.79
y= 9756664.99)	y= 9756668.67	y= 9756670.5
El Faro - UTM		
Infralitoral	Mesolitoral	Supralitoral
Inicio:	Inicio:	Inicio:
x= 513194.92	x= 513193.06	x= 513193.06
y= 9756137.67	y= 9756133.98	y= 9756135.82
Fin:	Fin:	Fin:
x= 513167.12	x= 513165.26	x= 513165.26
y= 9756146.88	y= 9756139.51	y= 9756143.19
La Barca - UTM		
Infralitoral	Mesolitoral	Supralitoral
Inicio	Inicio	Inicio
x= 514312.47	x= 514295.79	x= 514293.94
y= 9756896.56	y= 9756876.30	y= 9756878.14
Fin	Fin	Fin
x= 514299.50	x= 514312.47	x= 514308.77
y= 9756876.30	y= 9756898.40	y= 9756900.24

Modalidad de investigación

El estudio es descriptivo, transversal y correlacional (Hernández et al., 2014). Es descriptivo ya que se concentró únicamente en detalle en las características de las comunidades de macroalgas y las variables abióticas (salinidad, temperatura, pendiente, rugosidad y composición del sustrato), y sin introducir una intervención o manipulación. Finalmente, el estudio es de naturaleza correlacional, buscando posibles asociaciones entre las comunidades de macroalgas y los factores abióticos mencionados o para verificar si había habido una correlación entre estas variables sin realizar intervenciones experimentales.

Se desarrolló este estudio bajo un enfoque mixto (cuantitativo-cualitativo). El componente cuantitativo se basó en la recolección y análisis sistemático de datos sobre la distribución, abundancia y diversidad de macroalgas en las plataformas rocosas intermareales de la provincia de Santa Elena, así como en la medición de variables ambientales y geomorfológicas (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pendientes, rugosidad).

El componente cualitativo se centró en la interpretación de patrones ecológicos observados en campo, la descripción de la zonación intermareal y la comparación de estos patrones con estudios previos, con el fin de comprender la dominancia de los diferentes grupos de macroalgas y su relación con los gradientes ambientales. Este enfoque permitió complementar los resultados numéricos con una comprensión integral del funcionamiento ecológico del intermareal.

La presente investigación se sustenta en el paradigma positivista, dado que se parte de una hipótesis planteada y se busca su comprobación mediante mediciones

objetivas y análisis estadísticos. Además, presenta un diseño transversal en el sentido de que la recolección de datos se realizó en un único periodo de muestreo.

Ya que para conocer la forma, distribución, comportamiento y vida de los organismos estudiados se necesitó encontrar puntos de referencia que permitan saber más de las necesidades de las algas, más allá de encasillarlas como objetos, hay una dependencia entre el océano, el viento, las rocas y nosotros como observadores externos de un ciclo que se renueva buscamos entender una parte del ciclo como algo personal e integral a nivel productivo, educativo, social y ecológico.

Alcance de la investigación

El estudio se realizó en dos sitios costeros de la provincia de Santa Elena: Salinas y Ballenita. La playa de Salinas, que se extiende aproximadamente 1,284 metros, está caracterizada por su abundante presencia de arena suelta y su variación morfológica, lo que genera áreas que desaparecen durante las mareas altas (Suárez & Ramos, 2017). Ballenita, por su parte, presenta una extensión de 1,600 metros, con 300 metros de arena y roca y 20 metros de zona rocosa, con temperaturas promedio que oscilan entre 24 y 34 °C de enero a marzo, y entre 18 y 25 °C de junio a noviembre (Chiluiza et al., 2012). Ambos sitios fueron seleccionados por las actividades antropogénicas que se desarrollan en ellos, como el turismo, la pesca de moluscos y el desarrollo urbanístico, lo que influye en la dinámica de los ecosistemas intermareales.

Población y muestra

La población de estudio estuvo constituida por las macroalgas presentes en las plataformas rocosas intermareales de La Barca y El Faro en Ballenita y El Barco y San

Lorenzo en Salinas. Para la selección de la muestra, se empleó investigación diseño de muestreo sistemático usando el protocolo de MBON P2P (Montes et al., 2023).

Estos sitios fueron seleccionados en función de las actividades antropogénicas que se desarrollan en ellos, como el humanístico, el turismo y la pesca de moluscos, entre otros. Por ejemplo, Salinas es una zona intermareal rocosa rodeada de hoteles y con una moderada afluencia de personas, que suele oscilar entre 20 y 30 personas durante los días de temporada. La playa de Ballenita es bastante tranquila, aunque de vez en cuando acuden pescadores en busca de pulpo, y está rodeada de construcciones, principalmente casas que se utilizan más durante los feriados.

La metodología utilizada se basó en el protocolo de MBON (Programa de Observación de Biodiversidad Marina: de polo a polo) el cual propone estándares internacionales para recopilar información ecológica de manera comparable entre sitios y a lo largo del tiempo (Montes et al., 2023). Este enfoque fue seleccionado porque permite obtener datos consistentes sobre la estructura y composición de las comunidades de macroalgas facilitando la comparación con estudios realizados en otras regiones y contribuyendo a esfuerzos globales de monitoreo marino.

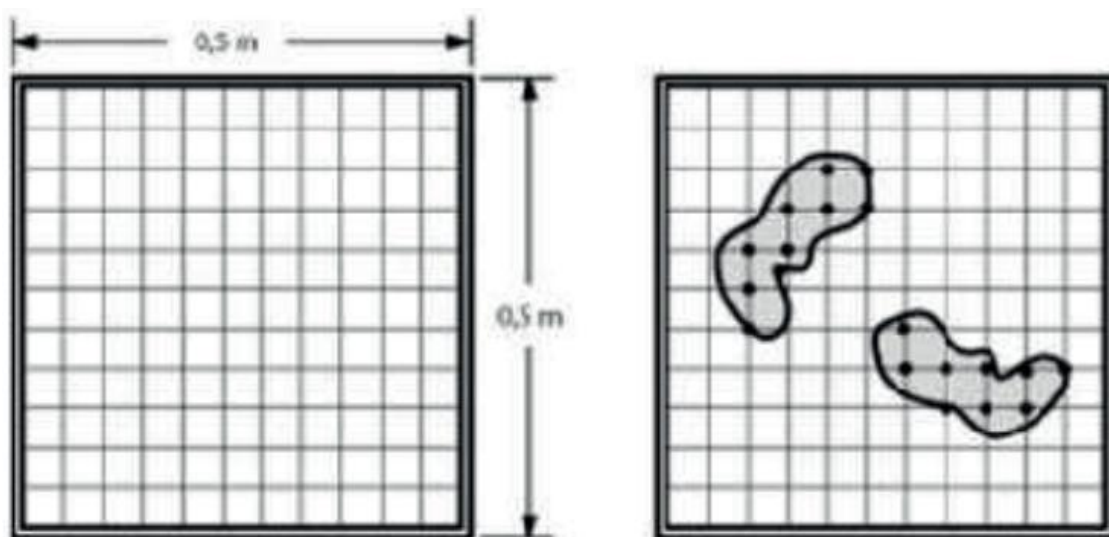
Se empleó un transecto de 30 metros de longitud por estrato (supralitoral, mesolitoral e infralitoral), perpendicular a la línea de la playa. Este transecto se dividió en intervalos de 5 metros, colocando un cuadrante de muestreo de 50 x 50 cm en cada intervalo.

El método de muestreo que aplicado es el de intersección en cuadrículas, registrando la cobertura algal mediante la intersección de líneas de referencia con las algas presentes en cada cuadrante (Montes et al., 2023). Esta metodología se eligió porque proporciona estimaciones precisas y comparables de la cobertura bentónica además de

ser una técnica ampliamente validada para estudios de vegetación Marina y zonas intermareales.

Figura 2

Metodología de cobertura de especies de macroalgas



Tomado de (Montes et al., 2023)

En la Figura 2 se denota el proceso de recolección de muestras, el mismo que siguió un procedimiento sistemático a lo largo de cada transecto, comenzando a una distancia de 5 metros y repitiendo la toma de muestras cada 5 metros. Se alternaron entre el lado derecho y el izquierdo del transecto en intervalos de 5 metros sucesivos.

Dado que las características de la playa pueden ser diversas, se adaptó la metodología estándar según las condiciones específicas de cada lugar de muestreo. Se modificó la longitud de los transectos y la cantidad de cuadrantes muestreados de acuerdo con las dimensiones y la topografía de la playa en cuestión.

En cada una de las playas seleccionadas para este estudio, se realizaron muestreos en tres zonas intermareales diferentes: el supralitoral, el mesolitoral y el infralitoral. Este

enfoque sistemático y estandarizado permitió recabar datos comparables y detallados sobre la distribución de las poblaciones de macroalgas en las zonas intermareales rocosas del Pacífico Oriental.

Las muestras recolectadas de macroalgas que no se lograron ser identificadas in situ, se siguió un proceso específico. En primer lugar, se recogieron muestras representativas de las macroalgas en el área de estudio utilizando técnicas de recolección estándar, como el uso de cinceles, cuchillos o tijeras submarinas para obtener fragmentos de algas adheridas a las rocas o sustratos. Estas muestras se almacenaron en recipientes etiquetados adecuadamente para su posterior análisis.

Una vez recogidas las muestras, se procedió al transporte de las mismas al laboratorio. Durante el transporte, se garantizó que las muestras se mantengan en condiciones adecuadas para preservar su integridad y evitar cualquier deterioro o contaminación.

Instrumentos de recolección de datos ambientales

Para la recolección de datos ambientales, se utilizó un Oxigenómetro (YSI PRO20) para medir variables como la temperatura, salinidad y oxígeno directamente en el lugar de muestreo. Se utilizó un GPS marca Garmin para recolectar las coordenadas de los sitios. Adicionalmente, se recopiló información sobre la radiación UV a partir de las bases de datos del INOCAR (Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada) e INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). Para la identificación de macroalgas, se emplearon estereomicroscopios y microscopios en laboratorio, junto con bibliografía especializada y la base de datos Algaebase.

Análisis en laboratorio

Una vez que las muestras llegaron al laboratorio, se llevó a cabo el proceso de identificación taxonómica de las macroalgas. En primer lugar, se realizó una revisión exhaustiva de las características morfológicas de las muestras, incluyendo la observación de pigmentos, estructuras celulares, forma y textura de las algas. Para este fin, se utilizó bibliografía actualizada sobre taxonomía de macroalgas, como el libro “Algas marinas del Ecuador” de Müller & Salazar (1996).

Además, se emplearon herramientas de laboratorio como estereomicroscopios y microscopios para examinar en detalle las características anatómicas de los especímenes encontrados. Este análisis permitió identificar a nivel microscópico detalles específicos que son clave para la clasificación taxonómica de las macroalgas.

Para complementar la identificación, se consultó la base de datos Algaebase (algaebase.org), una fuente confiable que proporciona información detallada sobre nombres científicos, descripciones y distribución de diversas especies de macroalgas. Esto ayudó a confirmar la identificación y a obtener información adicional sobre las especies encontradas.

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis detallado para verificar la normalidad de los datos recopilados, la homogeneidad de las muestras, el tipo de distribución observada y la exploración multivariada de las variables estudiadas. Para los análisis estadísticos se utilizó el programa PRIMER (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research) en su versión 6 (Clark y Warwick, 2001), que es conocido por emplear métodos no paramétricos para analizar datos multivariados en estudios de ecología de comunidades.

Con las matrices de abundancia generadas, se llevó a cabo un análisis de agrupamiento o de conglomerados (Cluster analysis).

En este análisis, se consideraron como grupos separados aquellos que mostraron al menos un 50% de similitud. Para representar visualmente las similitudes entre las comunidades biológicas estudiadas, se aplicó el método de escalamiento multidimensional no paramétrico (n-MDS). Para ambos análisis, se creó una matriz de similitud utilizando el índice de Bray-Curtis. Además, los datos se transformaron a raíz cuarta con el propósito de reducir la influencia de las especies dominantes (Clark y Warwick, 1994).

Análisis ecológico

Para determinar la estructura comunitaria de las macroalgas muestreadas, se calcularon varios índices, incluyendo el índice de Shannon-Wiener (H'), el índice de dominancia de Simpson (D'), basado en el cálculo de $1-\lambda$, y el índice de equidad de Pielou (J'). Estos cálculos se realizaron utilizando el menú DIVERSE del programa PRIMER (Clark y Warwick, 2001). La riqueza específica, representada como S , corresponde al número total de especies presentes en la muestra, mientras que N se refiere al número total de individuos registrados. El índice de diversidad de Shannon-Wiener (1949) se expresa como $H' = \sum_{i=1}^S p_i * \log_2 p_i$, donde p_i es la proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie: n_i/N), N_i : número de individuos de la especie, N : número de todos los individuos de todas las especies. Este enfoque integral nos permitirá obtener una visión completa y detallada de la diversidad biológica en el área de estudio, considerando tanto la variedad de especies como su distribución relativa en el ecosistema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de las variables ambientales y geomorfológicas del litoral rocoso en las áreas de estudio

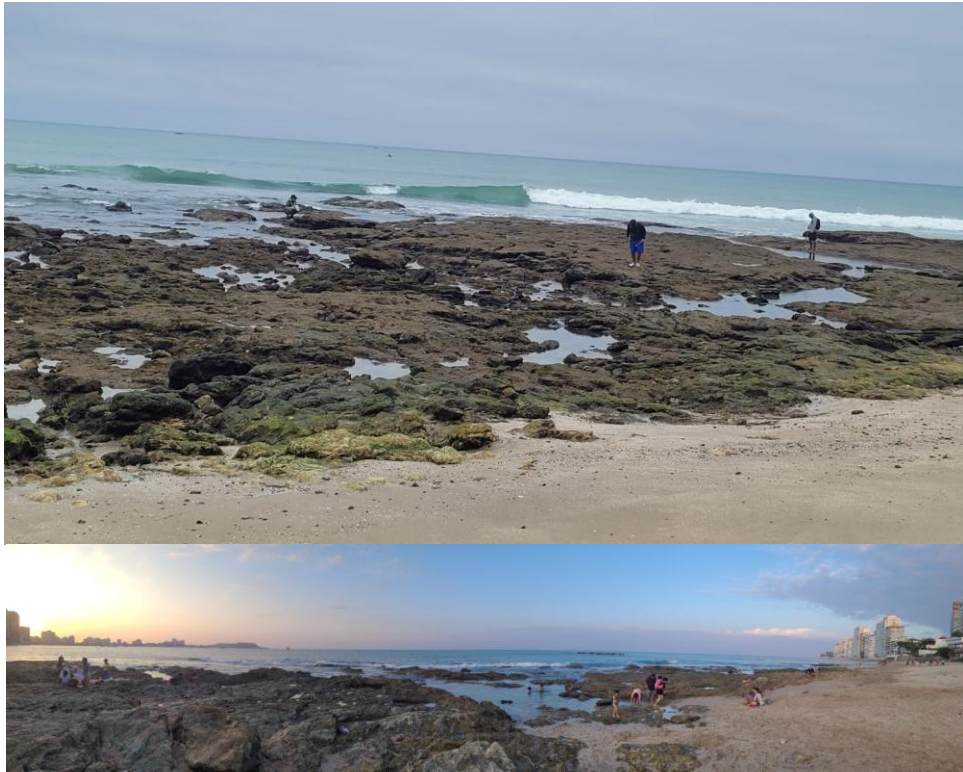
Salinas y Ballenita son dos localidades costeras, ubicadas en la provincia de Santa Elena, en la región litoral del Ecuador. Las dos ciudades costeras se encuentran a lo largo de la costa occidental del país y presentan un significado turístico, ecológico y oceanográfico importantes. Salinas es una ciudad moderna y avanzada que es conocida por su infraestructura turística. En el centro de la ciudad, a lo largo de la costa, se encuentra la playa urbana más concurrida, cuya longitud es de aproximadamente 1284 metros. Se extiende desde el Yacht Club hacia el sureste de la ciudad y consiste en un tramo de arena suelta que se convierte en una barrera de arena suelta. A partir de la calle “24 de mayo”, la playa adquiere un carácter lineal y, bajo la influencia de mareas elevadas, desaparece por completo en tramos determinados. La temperatura promedio de la playa es de 26 °C.

Por otro lado, Ballenita, la playa de la cual se extiende aproximadamente 1600 metros, es una parroquia rural ubicada a solo 5 minutos de La Libertad. Sobre su superficie, se encuentra la combinación de arena y peces en vivo, roca. Además, hay zonas rocosas expuestas que son populares entre los niños. Esta playa tiene temperaturas entre 24 en 34 °C en la temporada cálida; sin embargo, durante la temporada fría, las temperaturas en estas playas de 18 en 25 °C.

Las playas de San Lorenzo, El Faro y El Barco en Salinas, provincia de Santa Elena, ofrecen diversas experiencias costeras que combinan belleza natural y oportunidades recreativas.

Figura 1

Referencia fotográfica de la ubicación San Lorenzo



Como se observa en la Figura 1, la playa San Lorenzo, ubicada en Salinas, presenta una plataforma rocosa con una extensión aproximada de 250 m y una distancia desde el supralitoral hasta la berma de 28.5 m. El sustrato está compuesto principalmente por rocas grandes, con pendiente media (7.89°) y superficie rugosa que alberga pozas de marea con presencia de arena fina. El oleaje es moderado y constante, mientras que la exposición es relativamente protegida debido a la configuración de bahía de Salinas. El acceso es sencillo, ya que se encuentra detrás de edificaciones y hoteles, y aunque la playa funciona casi como privada, existen pasillos públicos que permiten el ingreso.

Las condiciones ambientales evidencian alta exposición solar durante todo el día, agua clara en pozas y mayor turbidez en la zona marina (>35 cm de profundidad). No se observaron macroalgas flotantes durante el muestreo, aunque en ocasiones se registran rodófitas como *Acanthophora*. La fauna asociada es diversa, con presencia de babosas

marinas, ofiuras, cangrejos ermitaños, anémonas, peces, gusanos marinos, erizos y esponjas.

El impacto humano es considerable: se registra pesca artesanal de pulpos y extracción de ostras varias veces al mes, así como presencia de desechos sólidos. La presión turística es marcada, con presencia de visitantes diarios (3–4 personas entre semana), incremento en fines de semana (5–6 personas) y mayor afluencia en feriados (5–6 parasoles con hasta 6–7 familias).

Figura 2

Referencia fotográfica de la ubicación El Barco



Como se aprecia en la Figura 2, la playa El Barco, también en Salinas y ubicada a unos 800 m de San Lorenzo, presenta una plataforma rocosa de menor extensión (45 m visibles) y un ancho desde el supralitoral hasta la berma de 34 m. El sustrato está conformado por rocas grandes, con pendiente suave (5.69°) y superficie rugosa con pequeñas pozas de marea. El oleaje es bajo a moderado y la exposición, al igual que en San Lorenzo, es protegida por la bahía. El acceso es relativamente fácil, quienes se hospedan en el hotel contiguo ingresan directamente, mientras que el público en general debe recorrer 80 m de playa arenosa.

Las condiciones ambientales incluyen exposición solar durante todo el día, agua clara en pozas y turbia en el mar (>30 cm de profundidad). No se registraron macroalgas flotantes durante el muestreo. La fauna observada incluyó babosas marinas, ofiuras, cangrejos ermitaños, anémonas, erizos de mar en abundancia y cangrejos de rocas.

El uso humano se caracteriza por pesca artesanal de pulpo, presencia ocasional de surfistas y visitantes esporádicos. Se observaron desechos sólidos, aunque en menor cantidad que en San Lorenzo.

Figura 3

Referencia fotográfica de la ubicación El Faro



De acuerdo con la Figura 3, la playa El Faro, ubicada en Ballenita, cuenta con una plataforma rocosa de aproximadamente 200 m y un ancho desde el supralitoral hasta el acantilado de 28 m. Presenta pendiente media (8°), la más inclinada de todas las playas estudiadas, con sustrato de rocas grandes y superficie rugosa con pozas de marea. El oleaje es intenso a moderado, con exposición directa al mar abierto. El acceso es sencillo mediante escaleras construidas en la zona, seguido de un tramo de 40 m de arena y 20 m

de rocas. El área de muestreo se encuentra limitada por un acantilado, quedando cubierta en pleamar.

En cuanto a los factores ambientales, el sector recibe sombra parcial de los acantilados, con agua clara en pozas y turbia en el mar adyacente. No se observaron macroalgas flotantes. La fauna asociada fue representada por babosas marinas, cangrejos ermitaños, erizos de mar en baja densidad, sol de mar y cangrejos de rocas.

Figura 4

Referencia fotográfica de la ubicación La Barca



En la Figura 4, la playa La Barca, también en Ballenita, posee la plataforma rocosa más extensa del estudio (500 m) y un ancho de 38 m desde el supralitoral hasta el acantilado. El sustrato combina rocas grandes y lajas planas, con pendiente media ($6,86^\circ$) y superficie rugosa con escasas pozas de marea. El oleaje es moderado y la exposición es directa al mar abierto. El acceso es medianamente complejo, pues se ubica en zona de

acantilados con restaurantes en la parte superior; desde las escaleras se desciende y se recorre un tramo de 84 m de rocas hasta el punto de muestreo. El área queda cubierta en pleamar, dejando expuesto el acantilado.

El ambiente presenta sombra generada por los acantilados, agua clara en pozas y turbia en el mar adyacente. No se observaron macroalgas flotantes. La fauna asociada estuvo compuesta por babosas marinas, cangrejos ermitaños, erizos de mar en baja densidad y cangrejos de rocas.

El impacto humano es bajo: aunque existen restaurantes en los acantilados, la playa rocosa no es frecuentada por turistas debido a la dificultad del acceso y el riesgo que representan las rocas. La actividad pesquera de pulpo es la principal presión registrada, mientras que la presencia de desechos sólidos es mínima.

Las playas analizadas presentan diferencias marcadas en extensión de plataforma, pendiente, exposición al oleaje y grado de presión antrópica. San Lorenzo y El Barco, ubicadas dentro de la bahía de Salinas, son playas protegidas con pendientes más bajas, mayor facilidad de acceso y mayor influencia antrópica, tanto por la pesca artesanal como por el turismo. En contraste, El Faro y La Barca, en Ballenita, se caracterizan por su exposición al mar abierto, mayor inclinación y extensión de las plataformas rocosas, así como menor presión humana, aunque persiste la pesca artesanal de pulpos como actividad común.

Estas diferencias geomorfológicas y antrópicas constituyen un marco de referencia esencial para comprender la distribución y diversidad de macroalgas en cada playa, y para analizar posteriormente las correlaciones entre los factores abióticos y la estructura comunitaria registrada en los muestreos.

Tabla 3*Variables ambientales*

Playa	Variable	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
San Lorenzo	Oxi (mg/L)	8,8	8,8	8,8	0
	Temp (°C)	26,1	26,1	26,1	0
La Barca	Sali (pH)	33	33	33	0
	Oxi (mg/L)	7,7	7,7	7,7	0
	Temp (°C)	25,2	25,2	25,2	0
El Faro	Sali (pH)	33	33	33	0
	Oxi (mg/L)	8,9	8,9	8,9	0
	Temp (°C)	25,3	25,3	25,3	0
El Barco	Sali (pH)	33	33	33	0
	Oxi (mg/L)	7,1	7,1	7,1	0
	Temp (°C)	27,7	27,7	27,7	0
	Sali (pH)	33	33	33	0

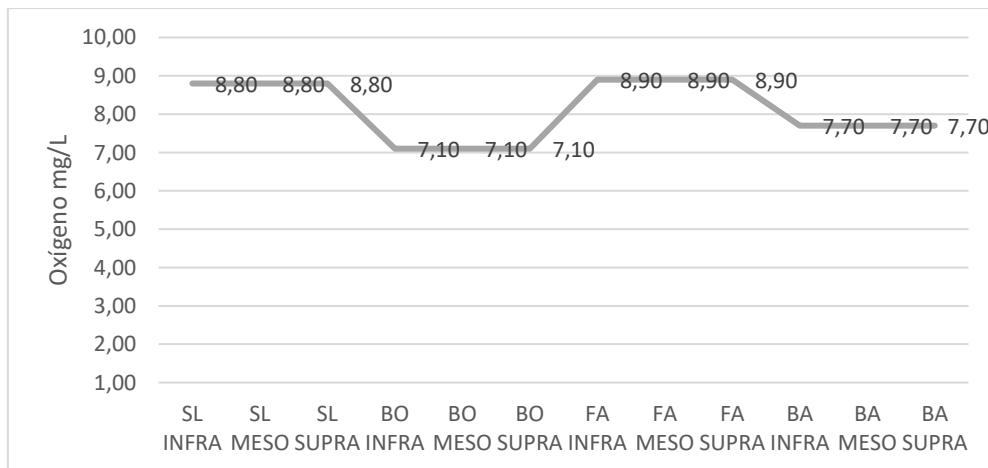
El análisis de las variables ambientales de las playas San Lorenzo, La Barca, El Faro y El Barco en la Tabla 3, revela condiciones relativamente estables del ambiente, con valores constantes y sin desviación estándar. San Lorenzo y El Faro muestran los niveles más altos de oxígeno disuelto 8.80 y 8.90 ppm mg/L, al estar incluso sobresaturados posiblemente por alta fotosíntesis o influencia de corrientes frías. En contraste, El Barco tiene los niveles más bajos 7.10 ppm mg/L, mientras que la temperatura es la más alta 27.70 °C, lo que explicaría la baja solubilidad del oxígeno.

Por otro lado, las temperaturas más bajas en La Barca y El Faro contribuyen a una mayor concentración de oxígeno. La presión barométrica varía ligeramente, siendo mayor en San Lorenzo y la menor en El Barco, aunque la influencia es menos importante que la temperatura. La salinidad se mantiene uniforme 33 en todos los sitios. En general, las

diferencias entre los sitios están relacionadas principalmente con la temperatura y la productividad biológica local.

Figura 5

Oxígeno por playa estudiada



Nota. SL = San Lorenzo, BO= Barco, FA= Faro, BA= Barca, INFRA= Infralitoral, MESO= Mesolitoral, SUPRA= Supralitoral.

En la Figura 5, muestra el análisis del oxígeno disuelto en las playas muestra contrastes significativos. San Lorenzo y El Faro presentan niveles elevados (8.80 y 8.90 mg/L), lo que sugiere una sobresaturación posiblemente asociada a alta actividad fotosintética o a la influencia de aguas frías ricas en oxígeno. La Barca, con 7.70 mg/L, refleja condiciones intermedias, mientras que El Barco registra el valor más bajo (7.10 mg/L), lo cual podría estar vinculado a su mayor temperatura superficial, que reduce la solubilidad del oxígeno. Estas diferencias indican variabilidad en la productividad biológica y en las condiciones oceanográficas locales de cada playa.

Se identificó la rugosidad en tres niveles de plataformas rocosas intermareales (infralitoral, mesolitoral y supralitoral) de las cuatro playas consideradas en este estudio. San Lorenzo destaca por su baja rugosidad en el nivel infra (1.03) y mayor en el meso

(1.24), mientras que El Barco y El Faro presentan rugosidades más consistentes entre niveles. La Barca tiene su mayor rugosidad en el nivel supra (1.26), favoreciendo especies adaptadas a superficies más accidentadas. Estas variaciones en la rugosidad influyen en la distribución y diversidad de macroalgas según sus preferencias de hábitat.

Tabla 4

Rugosidad de las playas de estudio

Zona	Playa	Infralitoral	Mesolitoral	Supralitoral
Salinas	San Lorenzo	1.03	1.24	1.16
	El Barco	1.19	1.23	1.18
Ballenita	El Faro	1.19	1.21	1.18
	La Barca	1.21	1.19	1.33

De acuerdo con la Tabla 4, es posible afirmar que la rugosidad de las playas analizadas difiere ligeramente entre las zonas y los niveles del litoral, lo que indica un grado de homogeneidad estructural. Sin embargo, aún se pueden identificar diferencias críticas. En particular, San Lorenzo tiene la rugosidad más baja en el infralitoral 1.03, lo que sugiere que esta franja puede tener menos complejidad que permita a los organismos fijarse correctamente. Por otro lado, La Barca experimenta el más alto nivel de rugosidad en el supralitoral 1.26, lo que es otra forma de heterogeneidad que se puede observar en esta franja. A pesar de que estas son diferencias sutiles, podría decirse que son significativas, dado que la rugosidad afecta directamente la biodiversidad y la idoneidad de los sustratos para el asentamiento de comunidades diversas.

Tabla 5*Pendiente de las playas*

San Lorenzo	El Barco	El Faro	La Barca
7.89	5.69	8.00	6.86

En la Tabla 5, la pendiente de las playas influye directamente en la distribución de macroalgas, al modificar la exposición al oleaje, la retención de humedad y la disponibilidad de sustratos. En Santa Elena, El Faro (8) y San Lorenzo (7.89) presentan mayores pendientes, lo que condiciona comunidades más especializadas frente al estrés ambiental.

Debido a que los datos no muestran una distribución normal (prueba de Shapiro–Wilk, $p < 0.001$), se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con el fin de examinar si las variables ambientales mostraban una diferencia significativa entre playas. Los resultados presentaron diferencias significativas entre playas para oxígeno disuelto, temperatura, rugosidad y pendiente ($H = 71.0$, $p < 0.001$ en todas las variables), exceptuando la salinidad que se mantuvo constante en 33 en todos los sitios. Estos resultados confirman que las playas presentan condiciones ambientales distintivas que podrían influir en la distribución y composición de macroalgas registradas.

Composición, abundancia y diversidad de las macroalgas presentes en las plataformas rocosas de los sitios de estudio

Se registraron 18 géneros y 20 especies contenidas en nueve órdenes, 14 familias, de los cuales los géneros pertenecen a los filos 9 a Rhodophyta, 5 a Ochrophyta y 4 a Chlorophyta. A continuación, se presenta una ficha técnica con un registro fotográfico y descripción para un mejor entendimiento de cada especie.

Tabla 6

Ficha técnica Padina durvillaei


FICHA TÉCNICA	
<i>Padina durvillaei</i>	
Taxonomía: Clase: Phaeophyceae Orden: Dictyotales Familia: Dictyotaceae Género: <i>Padina</i>	
Descripción: La textura que presentan las láminas (lisas) y los estipes y discos (rugosos) del basibionte juegan un papel fundamental. Además, en las zonas lisas predominaron los epífitos discoidales, donde se ubicaron principalmente en los filidios, las zonas más lisas de esta alga. a pesar de no ser talos costrosos, sujetos de forma postrada mediante numerosos rizoides que les surgían de cada nódulo. En los estípites y discos de fijación (base del talo) se suelen ubicar otras especies principalmente de los grupos morfofuncionales filamento y filamento corticado (Alvarez et al., 2019).	
Distribución: Norte América: Baja California, Gulf of California, Islas Revillagigedo, México. Central América: Costa Rica, Panamá. Sudamérica: Aguas templadas de Chile, Colombia, Ecuador, Galápagos, Perú. África: Ghana, Liberia, Sierra Leone, Sudáfrica, Togo. Asia: Taiwan (Guiry & Guiry, 2021).	
Fuente: Guiry & Guiry, 2021 y Alvarez et al., 2019.	

Tabla 7

Ficha técnica Ectocarpus spp


FICHA TÉCNICA	
<i>Ectocarpus spp</i>	
Taxonomía: Clase: Phaeophyceae Orden: Ectocarpales Familia: Ectocarpaceae Género: <i>Ectocarpus</i>	
Descripción: Talos filamentosos uniseriados en sus porciones basales color pardo claro, monostromático consistencia no esponjosa. Estos últimos frecuentemente corticados por medio de filamentos rizoidales nacidos en la base de las ramificaciones. Cromatóforos en forma de banda, poco numerosos. Órganos de reproducción pluriloculares pedicelados, cónicos, ovoides o cilíndricos. Ramificación irregular, miden hasta 5cm de altura (Parma et al., 1987).	
Distribución: Cosmopolita.	
Fuente: Parma et al., 1987 y Gbif, 2023.	

Tabla 8

Ficha técnica Colpomenia sinuosa


FICHA TÉCNICA	
<i>Colpomenia sinuosa</i>	
Taxonomía: Clase: Phaeophyceae Orden: Ectocarpales Familia: Scytosiphonaceae. Género: <i>Colpomenia</i> .	
Descripción: Talo globoso y hueco, aplanado, esférico e irregular, de consistencia coriácea, color pardo oscilando entre amarillo y marrón con tintes verde claro que alcanza hasta 14 cm de diámetro. Adheridos al sustrato por una base amplia de hasta 10 cm de diámetro.	
Distribución: cosmopolita.	
Fuente: Carbajal et al., 2019 y GBIF, 2025	

Tabla 9

Ficha técnica Hydroclathrus clathratus

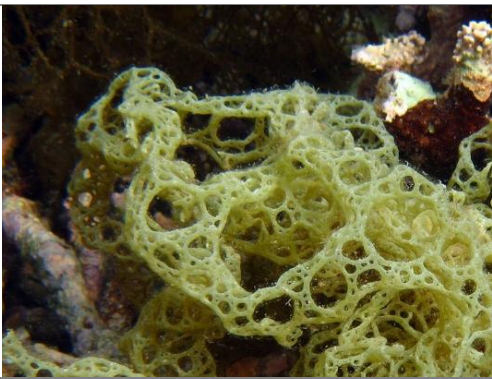
FICHA TÉCNICA	
<i>Hydroclathrus clathratus</i>	
Taxonomía: Clase: Phaeophyceae Orden: Ectocarpales Familia: Scytosiphonaceae Género: <i>Hydroclathrus</i>	
Descripción: Algas postradas o flotantes, redondeadas a irregulares, color marrón-amarillento, de 5-15 cm de diámetro, fijadas al sustrato mediante rizoides en varios puntos. Talo hueco, con numerosas perforaciones. Estructura interna parenquimática, constituida por una capa cortical con células rectangulares, de 10-15 µm de diámetro, y de 3-6 capas de células medulares, células con forma variable, de 50-100 µm de diámetro.	
Distribución: Ampliamente distribuida en mares cálidos, subtropicales y tropicales.	
Fuente: Gomez, et al 2017. y GBIF, 2025.	

Tabla 10

Ficha técnica Bryopsis plumosa

FICHA TÉCNICA	
<i>Bryopsis plumosa</i>	
<p>Taxonomía: Clase: Chlorophyceae Orden: Bryopsidales Familia: Bryopsidaceae Género: <i>Bryopsis</i></p>	
<p>Descripción: Exhibiendo el color verde oscuro, cuenta con un aspecto plumoso y alcanza la longitud de 10 a 12 cm. Posee una ramificación radial, con frondes piramidales y está formado por unos ejes rastreros en lo que salen las ramificaciones.</p>	
<p>Distribución: Cosmopolita. Presente en zonas templadas y tropicales del Atlántico, Pacífico e Índico; reportada en Europa, Asia, Oceanía y América, incluyendo el mar Mediterráneo, el Caribe, el Atlántico tropical y el Pacífico nororiental (de Alaska a Columbia Británica).</p>	
<p>Fuente: González, 2014. y GBIF, 2025.</p>	

Tabla 11

Ficha técnica Codium fragile



FICHA TÉCNICA	
<i>Codium fragile</i>	
<p>Taxonomía: Clase: Bryopsidophyceae Orden: Bryopsidales Familia: Codiaceae Género: <i>Codium</i></p>	
<p>Descripción: Presenta el color verde oscuro, sus talos pueden medir hasta 30 cm de alto, con numerosas bifurcaciones en formas cilíndricas, ramificadas dicotómicamente y estas se adhieren al sustrato por medio de un rizoide, sus células se la pueden observar de forma continua alargada o cilíndrica unas tras otras células.</p>	
<p>Distribución: Originaria del océano Pacífico, especialmente en las costas septentrionales. En otras regiones se considera una especie exótica invasora. Actualmente presenta una distribución amplia que incluye el Atlántico norte (Islas Canarias), mar Adriático, mar Báltico, diversas zonas de Asia (China, Japón, Taiwán, Indonesia, Filipinas), Pacífico nororiental (Alaska), así como Australia (Tasmania), Nueva Zelanda y algunas islas subantárticas.</p>	
<p>Fuente: González, 2014. y GBIF, 2025.</p>	

Tabla 12

Ficha técnica Cladophora columbiana

FICHA TÉCNICA

Cladophora columbiana

<p>Taxonomía: Clase: Ulvophyceae Orden: Cladophorales Familia: Cladophoraceae Género: <i>Cladophora</i></p>	
--	--

Descripción: es un alga filamentosa verde que forma esteras densas. La cobertura de *C. columbiana* es relativamente estacional, alcanzando su punto máximo a finales de la primavera y el verano. Su morfología de estera densa actúa como una esponja y puede retener una gran cantidad de agua. Otras especies de este grupo, aunque ocasionalmente presentes en una parte sustancial de una o unas pocas subparcelas, tuvieron coberturas medias de <1%. La cobertura no manipulada para este grupo promedió el 17%. (Allison, 2004)

Distribución: Océano pacífico desde Alaska hasta Sudamérica y el caribe.


Fuente: GBIF, 2025. y Allison, 2004.

Tabla 13

Ficha técnica Cladophora prolifera

FICHA TÉCNICA

Cladophora prolifera

<p>Taxonomía: Clase: Chlorophyceae Orden: Cladophorales Familia: Cladophoraceae Género: <i>Cladophora</i></p>	
--	--

Descripción: Es una macroalga de color totalmente verde oscuro, donde el talo es filamentoso de una altura de 5 a 8 cm, tiene formas filamentosas ramificadas uniseriadas, ramillas insertadas bilateralmente sobre el eje principal, donde se asienta al sustrato por un rizoides. Sus células tienen de forma tubular alargada totalmente cubierta en cada segmento de las macroalgas, con un único cloroplasto

Distribución: Presente en costas de aguas templadas del océano Pacífico y regiones adyacentes. Registrada en Asia, Oceanía (Australia y Nueva Zelanda), Medio Oriente e islas del Pacífico.

Fuente: González, 2014. y Guiry & Guiry, 2021.

Tabla 14

Ficha técnica Ulva lactuca


FICHA TÉCNICA	
<i>Ulva lactuca</i>	
<p>Taxonomía: Clase: Chlorophyceae Orden: Ulvas Familia: Ulvaceae Género: <i>Ulva</i></p>	
<p>Descripción: Presenta coloración verde oscuro, conformado por un talo laminar, foliáceo, y lobulado. Los rizoides que tienen se desarrollan como esparcimientos de células basales del talo, pueden llegar a medir hasta 1 m de longitud, con características de contorno más o menos redondeado o a veces dividido. De manera microscópica se observa cómo las células se ubican en líneas con ligeras curvas, todas con un pirenoide con células más superiores que emiten rizoides del mismo tamaño.</p>	
<p>Distribución: Distribución: Cosmopolita. Registrada en el Atlántico, Pacífico e Índico; presente en América, Europa, Asia, Oceanía y África. Se encuentra desde zonas templadas hasta tropicales, incluyendo las costas de Japón, España, Estados Unidos, Brasil y Australia.</p>	
<p>Fuente: CONABIO, 2017. y GBIF, 2025.</p>	

Tabla 15

Ficha técnica Ceramium virgatum

FICHA TÉCNICA	
<i>Ceramium virgatum</i> o <i>Ceramium rubrum</i>	
<p>Taxonomía: Clase: Florideophyceae Orden: Ceramiales Familia: Ceramiaceae Género: <i>Ceramium</i></p>	
<p>Descripción: Talos de talla muy variable (3-30 cm), de color rojo púrpura, rojo parduzco o rojo claro y de consistencia cartilaginosa algo áspera al tacto. La fronde está formada por ejes cilíndricos, filiformes y flexibles, cuyo diámetro disminuye gradualmente desde la base hasta las partes terminales. Estos ejes se ramifican de manera dicótoma o subdicótoma y presentan los ápices atenuados, típicamente bifurcados en dos ramas iguales, rectas o ligeramente incurvadas. Vive sobre rocas o epífita de diversas algas en el litoral medio e inferior de localidades semiexpuestas o protegidas.</p>	
<p>Distribución: Cosmopolita. Presente en regiones templadas y frías de ambos hemisferios. Registrada en el Ártico (Canadá), Atlántico nororiental, mar Adriático, Pacífico nororiental (Alaska), mar Caribe, Atlántico suroccidental, Asia (India, Turquía, Japón y Corea), Australia, Nueva Zelanda y algunas islas subantárticas.</p>	
<p>Fuente: GIBIF, 2025. y Cires et al, 2017.</p>	

Tabla 16

Ficha técnica Corallina officinalis


FICHA TÉCNICA	
<i>Corallina officinalis</i>	
Taxonomía: Clase: Florideophyceae Orden: Corallinales Familia: Corallinales Género: <i>Corallina</i>	
Descripción: Esta macroalga es de color blanquecino o púrpura amarillento, está formado por segmento levemente más largo que ancho, donde el talo es casi cilíndrico y calcificado, erectos y articulados, que alcanzan entre 5 y 12 centímetros de alto. Las ramas laterales son cilíndricas con ramificación lateral opuesta. Los ejes pueden ser desde cilíndricos hasta ligeramente achatados.	
Distribución: Costas de aguas templadas y frías.	
Fuente: González, 2014. y GBIF, 2025.	

Tabla 17

Ficha técnica Jania pedunculata var. adhaerens


FICHA TÉCNICA	
<i>Jania pedunculata var. adhaerens</i>	
Taxonomía: Clase: Florideophyceae Orden: Corallinales Familia: Corallinales Género: <i>Jania</i>	
Descripción: Algas erectas con porciones estoloníferas, cespitosas, intrincadas, calcificadas, color rosado pálido, de 2-3 cm de largo, fijadas al sustrato mediante un disco. Ramificación dicotómica. Talo articulado con intergenículos teretes o subteretes, fuertemente calcificados, de 95-126 µm de ancho y de 0,4-1 mm de largo. Estructura interna pseudoparenquimática multiaxial, constituida por región medular de células rectangulares, dispuestas longitudinalmente, de 50-110 µm de largo, región cortical formada por 1- 2 capas de células rectangulares de 6-10 µm de ancho.	
Distribución: En el Océano atlántico desde Bermuda hasta Brasil y Portugal a Sudáfrica, En el océano pacífico desde Asia Corea, Japón y Filipinas hasta Wallis y Futuna en Oceanía.	
Fuente: Gomez, et al 2017. y GBIF, 2025.	

Tabla 18

Ficha técnica Acanthophora spicifera

FICHA TÉCNICA

Acanthophora spicifera

Taxonomía:

Clase: Florideophyceae

Orden: Ceramiales

Familia: Rhodomelaceae

Género: *Acanthophora*



Descripción: Algas erectas, frágiles, de 10-15 cm de largo, de color marrón claro, fijadas al sustrato mediante un disco de fijación. Ejes principales teretes, ramificación radial a irregular, esparcida, escasamente ramificada; ramas de último orden cortas, espiniformes, abundantes, con filamentos apicales deciduos. Tetrasporangios tetrahédricos, de 50-90 μm de diámetro, situados aproximadamente en líneas paralelas sobre la superficie de los ramas de último orden. Cistocarpos urceolados, de 500-1000 μm de diámetro, solitarios, creciendo en los ejes de las espinas. Receptáculos espermatangiales aplanados, de 750-825 μm de largo y 900-975 μm de ancho.

Distribución: Cosmopolita.

Fuente: Gomez, et al 2017. y GBIF, 2025.

Tabla 19

Ficha técnica Gelidium pusillum

FICHA TÉCNICA

Gelidium pusillum

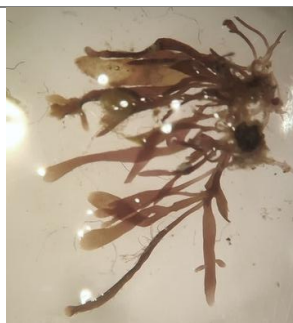
Taxonomía:

Clase: Florideophyceae

Orden: Gelidiales

Familia: Gelidiaceae

Género: *Gelidium*



Descripción: Algas con porciones postradas y erectas, de 1-2 cm de largo, color rojo, formando agregados densos, fijadas al sustrato mediante hápteros. Ramificación escasa, irregular. Ejes cilíndricos en las porciones basales, tendiendo a aplanarse en las porciones erectas a modo de espátula. Ápices obtusos. Estructura pseudoparenquimática multiaxial constituida, en la porción media, por células corticales alargadas, en empalizada, de 10-15 μm de largo y de 5-10 μm de ancho, células subcorticales subsféricas, rizinas abundantes en la porción central de la médula.

Distribución: Cosmopolita. Se encuentra en regiones tropicales y subtropicales de los océanos Atlántico, Índico y Pacífico. Registrada en el Atlántico oriental (África occidental), Atlántico occidental (Brasil y el Caribe), océano Índico (India y África oriental), Pacífico noroccidental (China y Japón), islas del Pacífico y el Indo-Pacífico, incluyendo Australia.


Fuente: Gomez, et al 2017. y GBIF, 2025

Tabla 20

Ficha técnica Gelidium spp

FICHA TÉCNICA

Gelidium spp

<p>Taxonomía: Clase: Florideophyceae Orden: Gelidiales Familia: Gelidiaceae Género: <i>Gelidium</i></p>	
--	--

Descripción: Plantas forman cojines densos de extensión variable y de poca altura. Porción estolonífera cilíndrica de la que emergen hapterios discoides y ejes erectos de hasta 0,5 mm de diámetro, ramificados de modo más o menos abundante y aplanados en grado variable. Plantas color herrumbre a rojo oscuro. Estructura anatómica compleja oscureciendo el plan uniaxial del talo.

Distribución: Mar mediterráneo, Sudáfrica, Tanzania, la antigua región marítima de Lusitania, los mares del norte de Europa y una distribución cosmopolita que acapara las aguas cálidas y templadas de América desde parte de Canadá hasta Chile y Argentina, Oceanía, Asia entre india, japon, Tailandia y ambos estados de Corea.


Fuente: Parma et al., 1987 y Guiry & Guiry, 2025.

Tabla 21

Ficha técnica Centroceras clavulatum

FICHA TÉCNICA

Centroceras clavulatum

<p>Taxonomía: Clase: Florideophyceae Orden: Ceramiales Familia: Ceramiaceae Género: <i>Centroceras</i></p>	
---	--

Descripción: Plantas de color rosado, de hasta 5,60 cm de alto, adheridas al sustrato por rizoides pluricelulares. Ramificación dicótoma e irregular. Ápices forcipados. Planta corticada con nudos y entrenudos. Nudos con tres o cinco espinas verticiladas formadas por una célula basal cuadrada y una célula apical triangular. Nudos formados por dos capas de células ovaladas. Esporangios tetraédricos, esféricos, exógenos, ubicados de dos a cinco por nudo.

Distribución: Cosmopolita. Presente en regiones tropicales, subtropicales y templadas de todos los océanos. Registrada en las costas del Atlántico (Europa, África, América del Norte y del Sur, islas Atlánticas y del Caribe), océano Índico (incluyendo islas del Índico y Medio Oriente), y océano Pacífico (Asia oriental, sudeste asiático, Oceanía, Australia, Nueva Zelanda y numerosas islas del Pacífico). También se ha reportado en islas subantárticas.

Fuente: CONABIO, 2017.

Tabla 22

Ficha técnica Dictyota dichotoma


FICHA TÉCNICA	
<i>Dictyota dichotoma</i>	
Taxonomía: Clase: Phaeophyceae Orden: Dictyotales Familia: Dictyoptaceae Género: <i>Dyctiotha</i>	
Descripción: Presenta color pardo verdoso, amarillento o pardo rojizo, el Talos de entre 3-4 cm hasta 20 cm de longitud, presenta de forma redondeado, con ramificaciones dicotómicas o irregulares, con rizoides simple sobre el talo, con o sin ramas prolíferas, las ramificaciones pueden terminar apicalmente en forma redondeada o afinada, su células es de forma ovalada con pigmentación.	
Distribución: Cosmopolita	
Fuente: González G, 2014. y GBIF, 2025.	

Tabla 23

Ficha técnica Sargassum ecuadorenum


FICHA TÉCNICA	
<i>Sargassum ecuadorenum</i>	
Taxonomía: Clase: Phaeophyceae Orden: Fucales Familia: Sargassaceae Género: <i>Sargassum</i>	
Descripción: Alga parda constituida por un Talo Comprimido y suave, Talo laminar Oblicuo, casi oval, Borde de las láminas acerradas, la nerviación se desvanece hasta llegar al ápice, Neumatocistos de forma esférica u ovoide, Tamaño de neumatocistos con un largo de 5 a 6 mm y un ancho de 4 o 5 mm, placa basal: Aplanada, corta hasta los neumatocistos y suave al tacto. (YIP et al., 2018)	
Distribución: Ecuador, Perú, Aguas templadas de Sudamérica y las Islas Galápagos (M.D. Guiry et al, 2017).	
Fuente: Guiry et al, 2017. y Yip et al, 2018	

Tabla 24

Ficha técnica Hypnea spinella



FICHA TÉCNICA	
<i>Hypnea spinella</i>	
Taxonomía: Clase: Florideophyceae Orden: Gigartinales Familia: Cystocloniaceae Género: <i>Hypnea</i>	
Descripción: Planta de color verde púrpura a rojizo, de 2 a 3 cm de altura, que forma cojines intrincados con talos de forma pulvinada. El talo es cilíndrico, de textura firme y carnosa, con ramificaciones alternas y dicotómicas libremente erguidas de 5 a 7 mm de largo y aproximadamente 0,5 mm de ancho. Las ramas postradas presentan ápices que se elevan mediante numerosos discos de fijación accesorios. El talo está decorado con pequeñas espinas o ramillas de 1 a 3 mm de longitud, agudas y originadas a partir de las ramas primarias.	
Distribución: Cosmopolita. Presente en regiones tropicales y subtropicales de todos los océanos. Registrada en islas del Atlántico (Azores, Canarias, Cabo Verde, Madeira), costas del Atlántico occidental (Florida, México, Caribe y Brasil), África occidental y oriental, océano Índico (India y archipiélagos asociados), sudeste y este de Asia (China, Japón, Filipinas, Tailandia), Oceanía (Australia, Papúa Nueva Guinea, Nueva Zelanda) y numerosas islas del Pacífico, incluyendo Galápagos y Hawái.	
Fuente: Moh et al., 2021 y Guiry & Guiry, 2025.	

Tabla 25

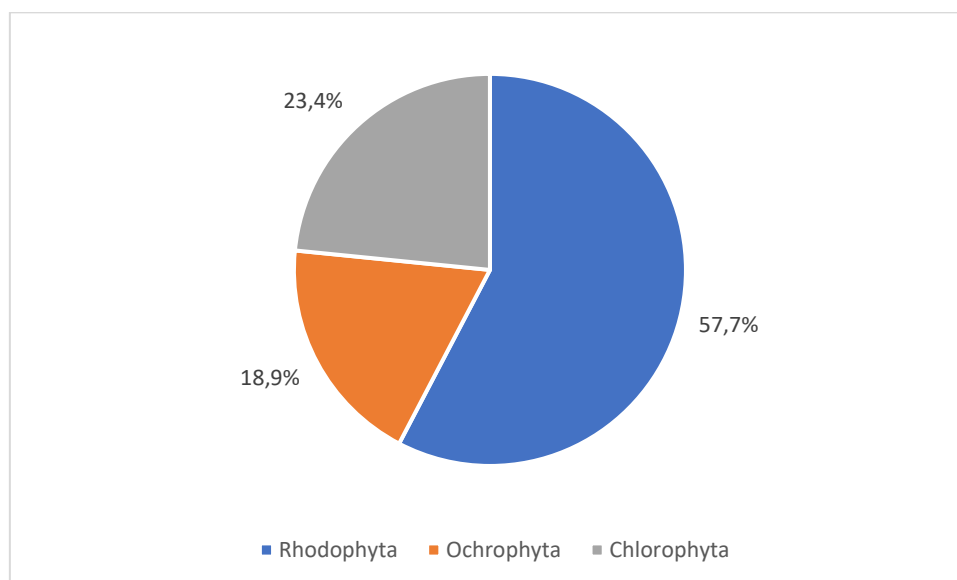
Ficha técnica Ahnfeltia plicata

FICHA TÉCNICA	
<i>Ahnfeltia plicata</i>	
Taxonomía: Clase: Florideophyceae Orden: Ahnfeltiales Familia: Ahnfeltiaceae Género: <i>Ahnfeltia</i>	
Descripción: Especie perenne, infralitoral, fotófila, de los modos batido y calmado, más frecuente en los ambientes arenosos. El talo es una mata de cordones cilíndricos, estrechos, negruzcos, de 10 cm de altura; rígidos y ásperos y con un aspecto que recuerda a un alambre.	
Distribución: Se distribuye por noreste del Atlántico; incluyendo Groenlandia, Islandia, Canada, Estados Unidos, el caribe, todo centro america, Sudamérica hasta las islas Malvinas. Por el Noroeste se encuentra en Europa occidental; Noruega, Dinamarca, Alemania, Polonia, Reino unido, Irlanda, Francia, Portugal, España y Parte de Africa.	
Fuente: Univerdiad de Oviedo, 2025. y Guiry & Guiry, 2025.	

A continuación, se presenta Figura 6 con la abundancia relativa de los filos expresada en porcentajes.

Figura 6

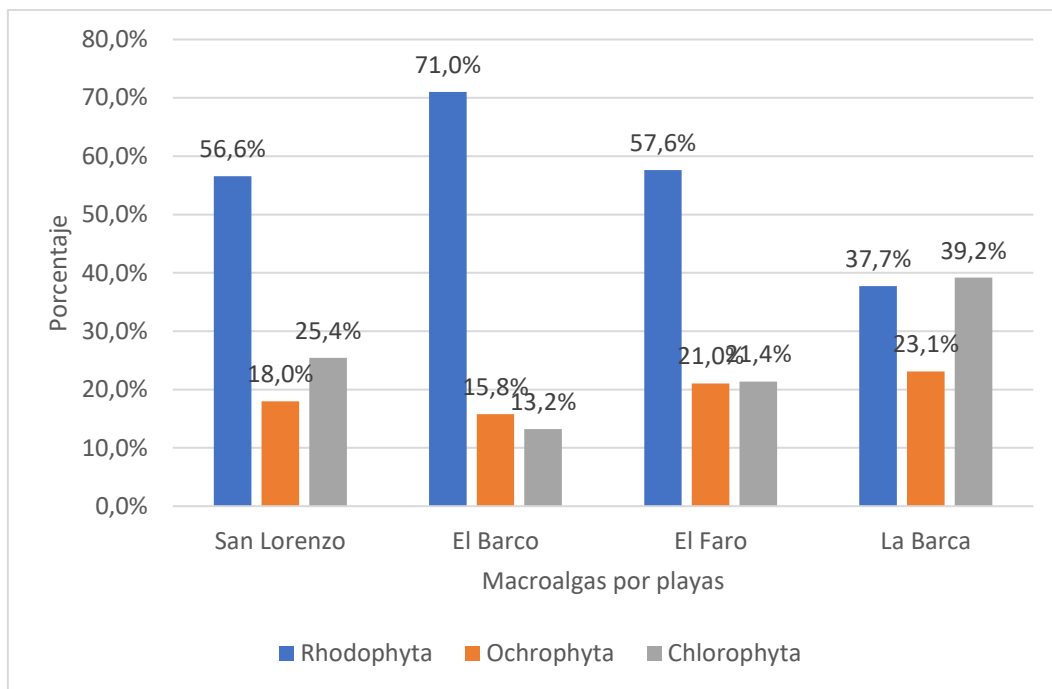
Abundancia relativa de los filos



La figura presenta la abundancia relativa de macroalgas por filo en un ecosistema costero. El filo Rhodophyta (algas rojas) domina la comunidad con 2372 individuos, representando el 57.7% del total, lo que sugiere una alta adaptación a las condiciones locales, posiblemente por su tolerancia a diferentes intensidades de luz y competencia espacial. Le sigue Chlorophyta (algas verdes) con 963 individuos (23.4%), que suelen prosperar en zonas iluminadas y aguas someras. Ochrophyta (algas pardas) ocupa el tercer lugar con 778 individuos (18.9%), destacando por su presencia en áreas con fuerte hidrodinamismo. Esta distribución revela un ecosistema con predominancia de algas rojas.

Figura 7

Abundancia por playa



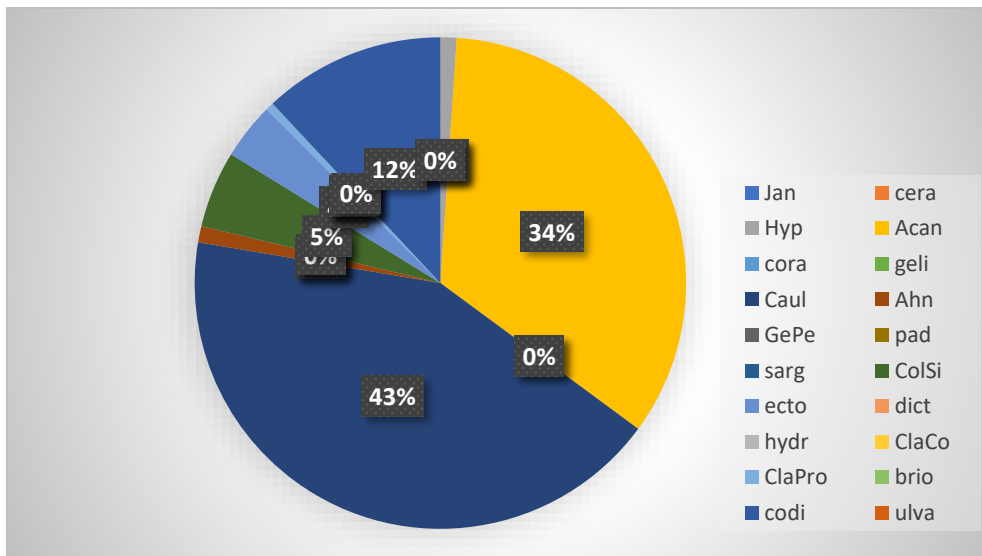
La distribución de macroalgas por playa muestra variaciones notables en la abundancia relativa de los filos. Rhodophyta predomina en todas las playas, especialmente en El Barco (71%) y San Lorenzo (56.6%), lo que sugiere condiciones favorables como sombra parcial o mayor estabilidad del sustrato. En cambio, La Barca destaca por una mayor proporción de Chlorophyta (39.2%), posiblemente asociada a aguas más someras y alta luminosidad. Ochrophyta alcanza su mayor representación en El Faro (21%) y La Barca (23.1%), indicando zonas con mayor oleaje o exposición. Estos patrones reflejan la influencia de factores ambientales locales sobre la composición de macroalgas.

Playa San Lorenzo

El análisis de la distribución de la abundancia de macroalgas en los diferentes estratos de la plataforma intermareal de San Lorenzo muestra patrones claros que responden a los gradientes ambientales característicos de las plataformas rocosas.

Figura 8

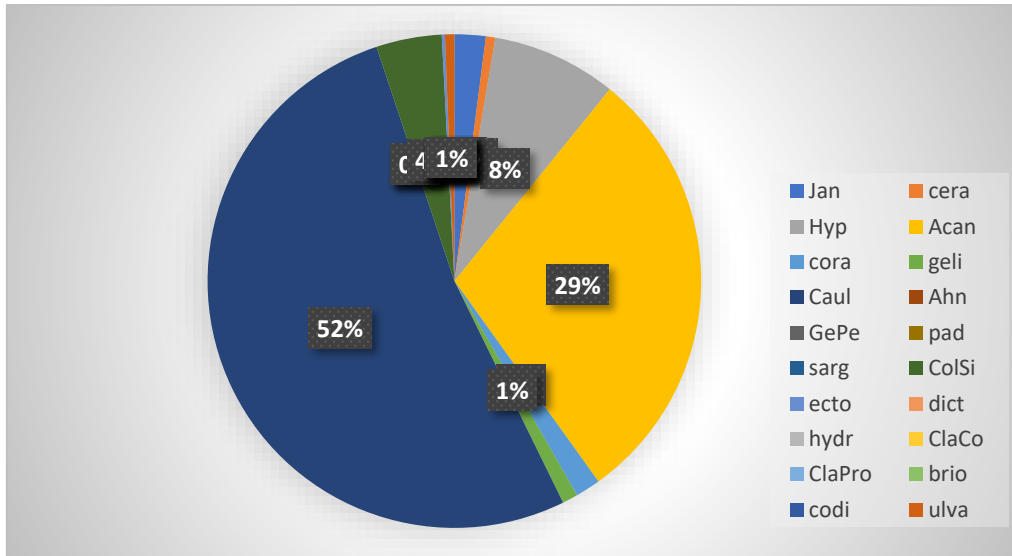
Abundancia del estrato infralitoral San Lorenzo



En el infralitoral en la Figura 8, la composición está dominada por y *Acanthophora spicifera* con 43% y 34% respectivamente, seguidas por *Codium fragile* con un 12%, todas las demás especies estaban representadas en menos del 5%. Este dominio refleja la habilidad de estas algas para prosperar en un ambiente de inmersión casi constante, donde la disponibilidad de nutrientes y oxígeno disuelto favorecen la proliferación de especies de crecimiento rápido y de amplia cobertura. La abundancia de *Centroceras clavulatum*, sugiere tu papel como especie clave en la comunidad estructurada, ya que la creación de microhábitats facilita la colonización de organismos asociados.

Figura 9

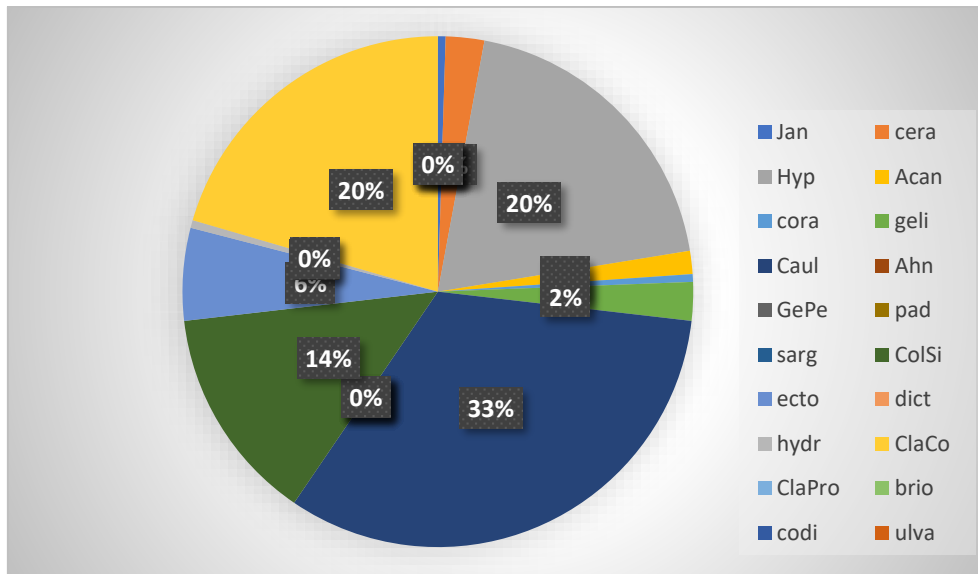
Abundancia del estrato mesolitoral San Lorenzo



El cambio es más evidente en el mesolitoral, donde se registra un importante incremento en la proporción de *Centroceras clavulatum*, el 52%, y la persistencia de *Acantophora spicifera*, el 29%. Este estrato, que se caracteriza por la frecuente inmersión y exposición, favorece la presencia de formas que resisten la permanente desecación y variación ambiental. La concentración mayor de *Centroceras clavulatum* en la zona propuesta posee una distribución ecológica amplia en términos de dinámica intermareal, lo cual se asocia a su condición de competidora en escenarios de escasez por punteo, radiación solar y por una rápida colonización de sustrato disponible. Por su parte, la baja concentración de *Ulva lactuca*, *Gelidium spp* y *Corallina officinalis* es un indicador de la importancia de la heterogeneidad de sustrato, que permite a los diversos taxones concurrir por ocupar el nicho disponible según sus capacidades fisiológicas. No obstante, la baja concentración de estas formas vegetales evidencia que la comunidad tiende a ser monopolizada por pocas especies, lo que reduce la equitabilidad.

Figura 10

Abundancia del estrato supralitoral San Lorenzo



Por otro lado, en el supralitoral, la composición se diversifica, aunque destaque nuevamente la marcada dominancia de *Centroceras clavulatum* con un 32.7% y un aumento relevante de *Cladophora columbiana* 20.5% y *Hypnea spinella* 19.5%. Esto sugiere que, en ambientes con mayor grado de estrés por exposición aérea y desecación, algunas especies alcanzan ventajas competitivas en razón de su morfología, fisiología y comportamiento. Así, *Cladophora colombiana* es capaz de “almacenar” humedad en sus filamentos, lo que favorece su permanencia en la franja superior del litoral. La alta abundancia de *Hypnea spinella* evidencia una marcada plasticidad ecológica y la capacidad de fijarse considerablemente en sustratos sometidos al batir oleaje constante. La presencia de *Colpomenia sinuosa* 14% y *Ectocarpus spp* 6% en proporciones superiores a las halladas en los otros estratos sugiere un aprovechamiento del espacio libre generado por la reducción de la competencia en condiciones extremas.

Comparando los tres estratos, se observa un gradiente vertical de abundancia y diversidad que se condiciona en función de abióticos como la desecación, la intensidad

del oleaje, la disponibilidad de nutrientes y la radiación solar. En el infralitoral, la baja diversidad que se observa revela la importancia de la competencia por luz y espacio en condiciones de estabilidad ambiental. En el mesolitoral, la relevancia de *Centroceras clavulatum* refleja la tendencia de que, dada la variabilidad, las algas explotan su nicho ecológico en mayor o menor proporción y la coexistencia de especies minoritarias indica cierta heterogeneidad funcional. Finalmente, en el supralitoral la diversidad relativa aumenta por la capacidad de algunas macroalgas pioneras de responder al estrés de la desecación, aunque la equitabilidad sigue siendo moderada por la predominancia de algunas especies con ventajas fisiológicas.

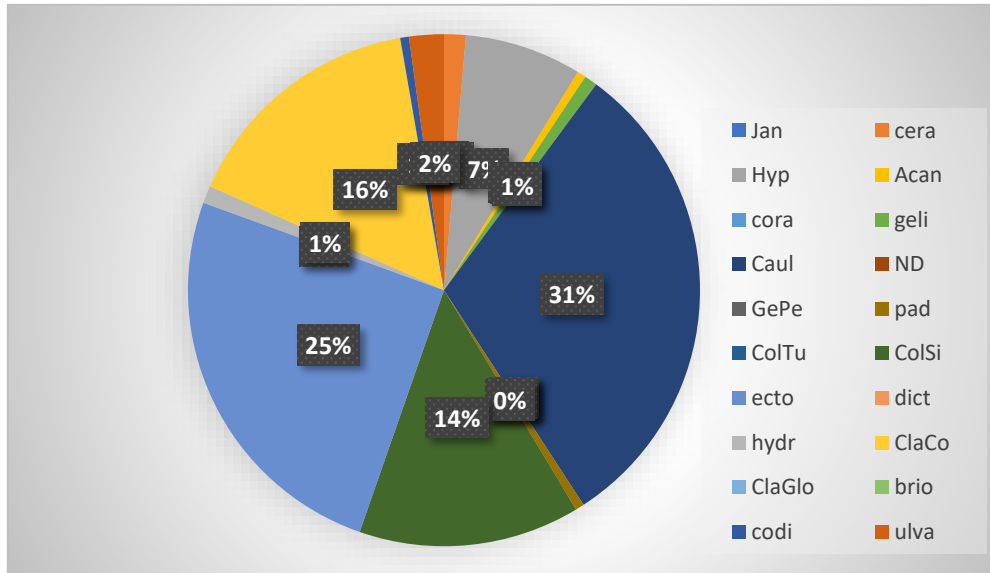
Críticamente estos resultados sugieren que la comunidad de macroalgas de San Lorenzo está estructurada en función de un modelo de dominancia, en el que *Centroceras clavulatum* Y *Acantophora spicifera* son especies centrales en los tres estratos. Si bien esta estructura garantiza estabilidad, también limita la resiliencia del ecosistema, ya que la perturbación de estas especies dominantes puede conducir a cambios extremos en la composición comunitaria. Además, la abundancia de especies tolerantes y oportunistas implica que el ecosistema está equipado para sobrevivir a los estresores naturales, el oleaje y la exposición solar, pero es vulnerable a los impactos adicionales.

Los patrones de distribución observados reflejan la estrecha relación que existe entre los factores abióticos y la abundancia de macroalgas en las plataformas rocosas intermareales de San Lorenzo. El gradiente vertical refleja cómo cada estrato selecto las especies con adaptaciones particulares a la inmersión, la desecación, y la radiación. No obstante, la dominancia de pocas especies en estratos específicos constituye una mala señal, puesto que subraya la necesidad de más estrategias de conservación que no favorezcan solo la diferenciación, sino la igualdad y la equidad, los cuales son cruciales para la estabilidad y la resiliencia.

Playa El Barco

Figura 11

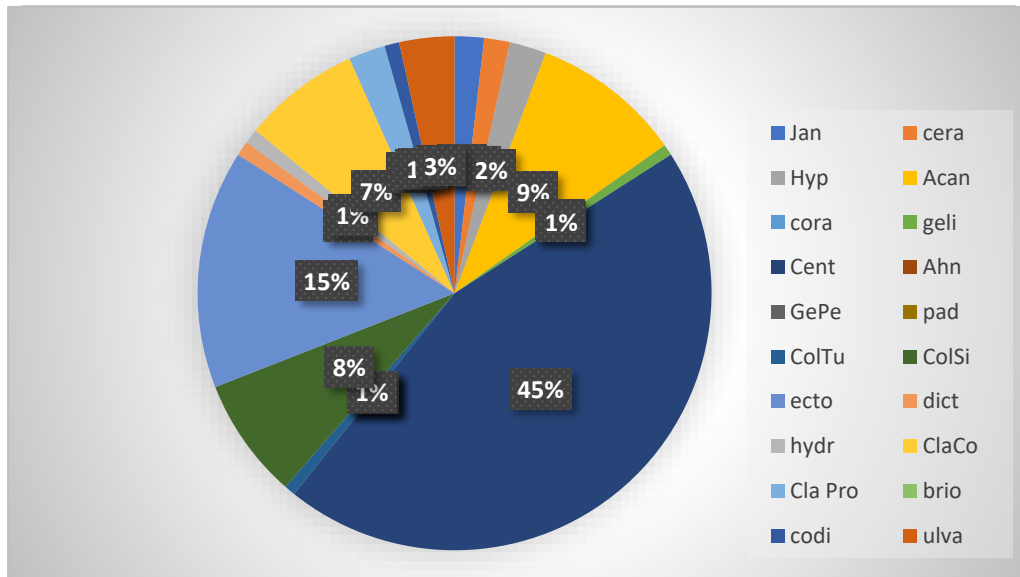
Abundancia del estrato infralitoral El Barco



En la Figura 11, algas como *Ectocarpus spp* (25%), *Cladophora columbiana* (16%) y *Colpodeunia sinuosa* (14%) además de *Centroceras clavulatum* hacen de este uno de los infralitorales relativamente más diversos. Aunque en este contexto la diversidad sea alta, estas especies son generalmente oportunistas, con ciclos de vida muy cortos y capacidad de colonización más rápida, por lo que su abundancia es favorecida en un estrato sometido a una inmersión permanente y con disponibilidad estable de nutrientes. El resto de las especies como *Hypnea spinella*(7%), *Ulva lactuca* (2%) y varias con 1% cada una, es un componente secundario que aporta una mayor heterogeneidad a la comunidad, aunque de menor efecto estructural. Estas especies suman bajas proporciones individuales, aunque su presencia contribuye a mantener interacciones ecosistémicas complementarias como la producción primaria y el ofrecimiento de microhábitat.

Figura 12

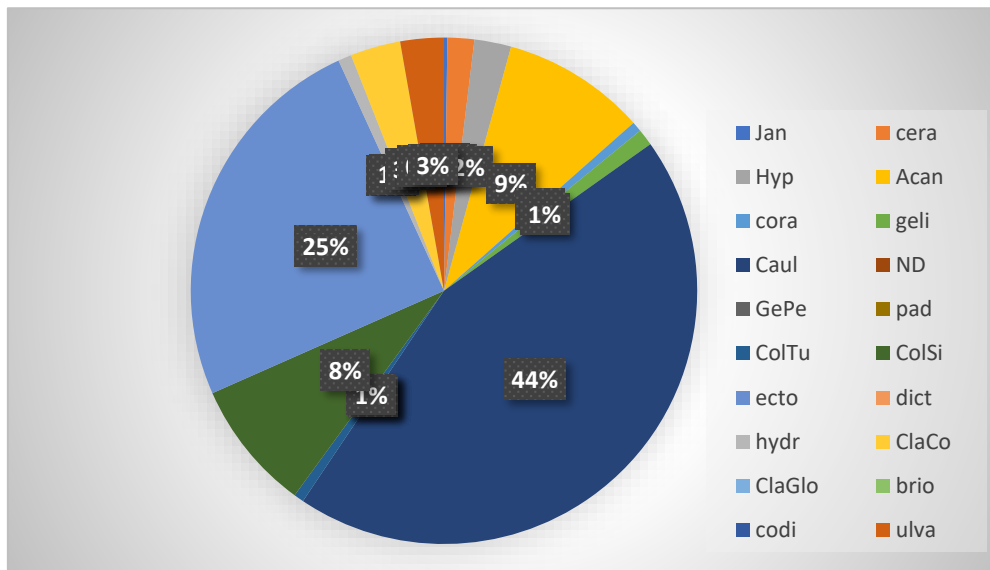
Abundancia del estrato mesolitoral El Barco



En cuanto al mesolitoral en la Figura 12, se produce un reforzamiento del porcentaje de *Centroceras clavulatum* (45%), en conjunto con *Ectocarpus spp* (15%), *Acanthophora spicifera* (9%) y *Colpomenia sinuosa* (8%). La composición en este estrato pone de manifiesto que la comunidad se arregla en torno a pocas especies resistentes a la alternancia de inmersión y desinmersión, lo que restringe la equidad. La aparición de *Cladophora columbiana* y otras especies en porcentajes menores como *Ulva lactuca* y *Ceramium virgatum*, constituyen indicios de que existe cierto grado de coexistencia, pero la dominancia sigue siendo muy representativa de escasas especies. El componente abiótico más relevante para el presente caso es la variabilidad de las condiciones ambientales en el mesolitoral, que obliga a las algas a, por ejemplo, conservar el agua, tener resistencia mecánica y eficientes estrategias reproductivas.

Figura 13

Abundancia del estrato supralitoral El Barco



El supralitoral sigue un patrón similar en la Figura 13, con *Centroceras clavulatum*, *Cladophora sp.* y *Ectocarpus spp* presentando porcentajes de 44%, 3% y 25% respectivamente. En cuanto a las tres que comparten el 8% restante, solo mantiene su porcentaje *Colpomenia sinuosa*. Es evidente que los tres representan el 24% que falta de la especie con presencia predominante. Según los antecedentes presentados respecto al supralitoral, *Cladophora columbiana* disminuyó su porcentaje de presencia, mientras que las otras cuatro compartieron el 24% total de la muestra. Eso se explica porque los estratos inferiores menos extremos presentan más especies de algas que los soportan, y porque el sol, la desecación y la falta de nutrientes de esa zona favorecen solo a aquellas algas que sus adaptaciones fisiológicas les permiten soportar más extremos.

Los resultados del análisis de la abundancia muestran un patrón evidente de dominancia de *Centroceras clavulatum* en los tres estratos de El Barco, con el 31% en el infralitoral, el 45% en el mesolitoral y el 44% en el supralitoral. La consistencia en la distribución ecológica de la especie es evidente, ya que se adapta a diferentes condiciones

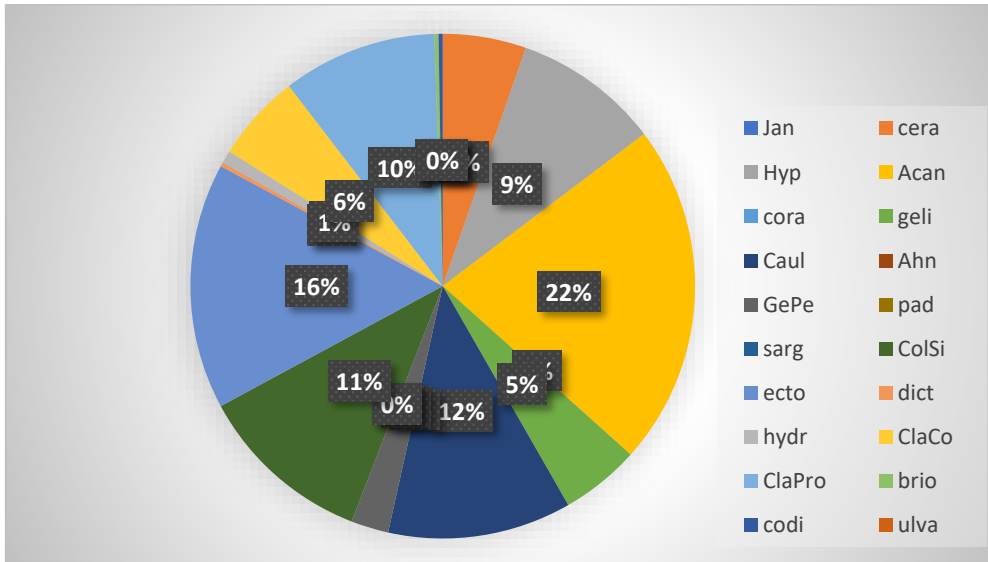
que van desde la mayor inmersión hasta las zonas más expuestas a la desecación y la radiación solar. El alto porcentaje de ocupación sugiere un papel estructurador ya que limita el espacio disponible en el sustrato y probablemente compite con otras especies reduciendo la posibilidad de establecimiento en el sustrato. Cabe destacar que, el dominio en la comunidad pudiese estar relacionado con una ventaja competitiva frente a factores de tipo abiótico propio de la zona como la variación térmica, la salinidad y la exposición al oleaje.

Visto de manera crítica, los datos producidos parecen reflejar un ecosistema de baja equitabilidad y fuerte dominancia. La continua presencia de *Centroceras clavulatum* dentro de los tres estratos sugiere que esta especie ocupa un nicho central, desplazando a las algas menos abundantes y disminuyendo la heterogeneidad. Aunque esto es esencial para la estabilidad del sistema, una excesiva dependencia de una sola especie hace que la comunidad sea vulnerable a interrupciones de fuentes externas, como el cambio de temperatura, la contaminación o eventos climáticos extremos. Además, la relativa abundancia de algas oportunistas como *Ectocarpus spp* y *Colpomenia sinuosa* indica que el ecosistema está sujeto a fluctuaciones ambientales frecuentes, lo que limita el establecimiento de especies más especializadas o de mayor longevidad.

Playa El Faro

Figura 14

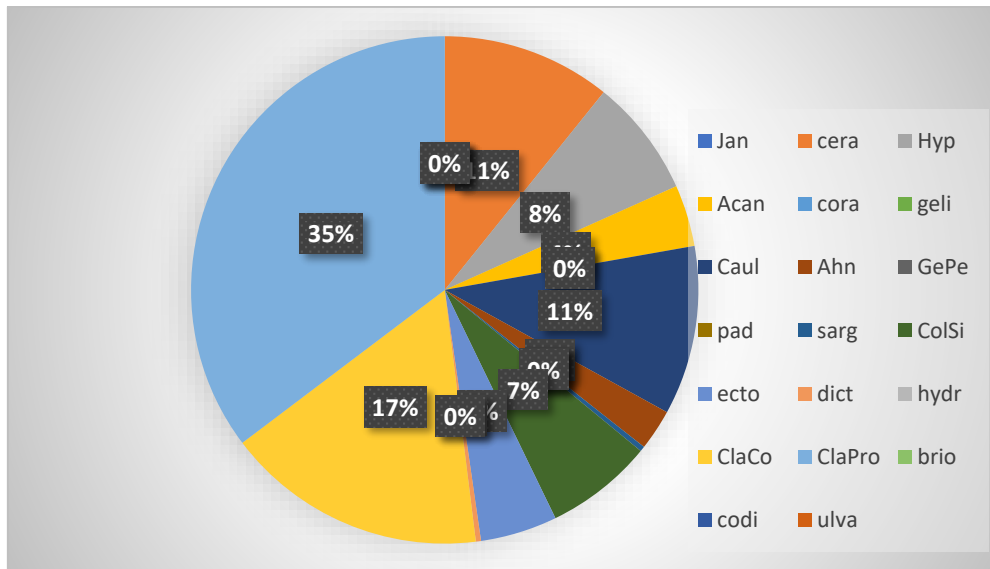
Abundancia del estrato infralitoral El Faro



El patrón de distribución en el infralitoral presenta mayor diversidad relativa y una composición más equilibrada. *Acanthophora spicifera* con 22%, *Ectocarpus sp.* con 16%, *Centroceras clavulatum* con 12%, *Colpomenia sinuosa* con 11% e *Hypnea spinella* con 9%; suman más del 70% de la comunidad, lo que denota una competencia fuerte por espacio y luz dada la inmersión constante. Solamente la abundancia de algas filamentosas, asociada a *Ectocarpus spp* y *Cladophora prolifera* con 10%, sugiere un ambiente permisivo a especies de crecimiento rápido y alta capacidad colonizadora. A diferencia de otros sitios de la provincia, en El Faro el infralitoral presenta una composición heterogénea, con varias especies compartiendo la dominancia de la zona, lo que puede interpretarse como un signo de resiliencia ecológica frente a futuras perturbaciones.

Figura 15

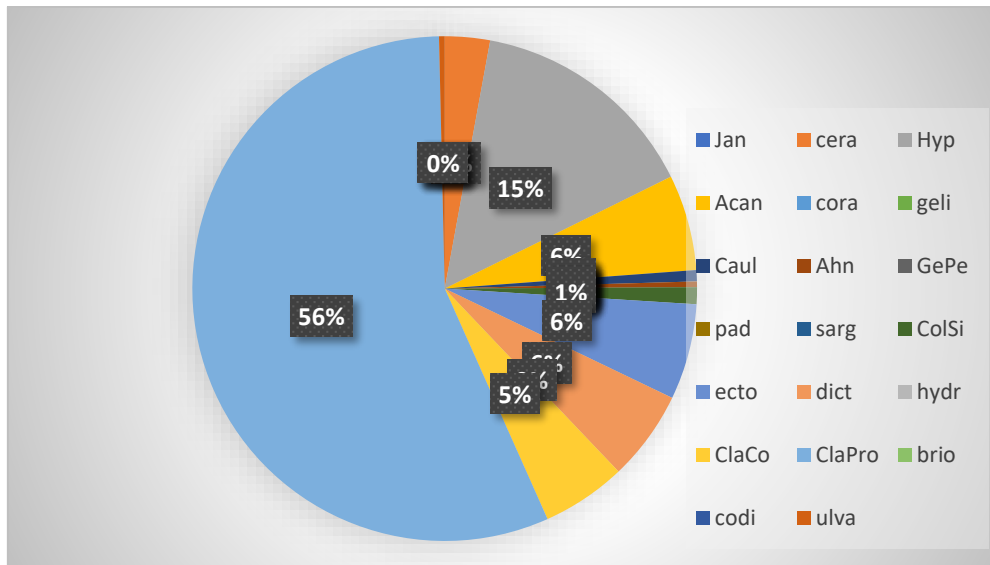
Abundancia del estrato mesolitoral El Faro



Por otro lado, en la Figura 15 el mesolitoral exhibe un cambio fuerte en dominancia con una predominancia marcada de *Cladophora prolifera* 35% y *Cladophora columbiana* 17%. En conjunto, estos dos ecosistemas representan más del 50% de la comunidad, disminuyendo la equitabilidad respecto al infralitoral. La fuerte predominancia del género *Cladophora* en este estrato se explica porque sus filamentos, que contienen agua y evitan la desecación al ser fotizados por la luz solar, lo que repercute en su habilidad para resistir los periodos de desecación durante la bajamar. Adicionalmente, *Ceramium virgatum* 11% y *Centroceras clavulatum* 11% completan la composición, sugiriendo que la comunidad mesolitoral delimita una zona de transición en la que los organismos sobreviven a condiciones extremadamente variables de inmersión y exposición. Sin embargo, la baja abundancia de *Acanthophora spicifera* 4% en este estrato sugiere que la concentración de esta alga no es tan fuerte ya que es menos competitiva en ambientes con mayor stress ambiental.

Figura 168

Abundancia del estrato supralitoral El Faro



Como resultado, en el supralitoral, la dominancia de *Cladophora prolifera* se vuelve aún más pronunciada, llegando al 56% de la comunidad. Tal porcentaje es indicativo de una especialización clara de la especie para poder sobrevivir en condiciones extremas, como una intensa exposición a la luz solar, tasas elevadas de desecación y disponibilidad de nutrientes limitada. En estas condiciones, pocas macroalgas pueden mantener poblaciones significativas, como *Hypnea spinella*; 15%, *Ectocarpus spp*; 6% y *Dictyota ecuadorenum*; 6%.

El presente trabajo acerca del estudio de la abundancia de macroalgas en El Faro manifiesta una comunidad intermareal con una gran complejidad, exhibiendo diferencias notorias en la composición específica de los tres estratos estudiados. Esto es un reflejo de la acción directa de factores abióticos como inmersión, deshidratación, radiación solar, e intensidad del oleaje que estructuran la distribución vertical de las especies. En términos generales, la dominancia varía para todos los niveles: *Acanthophora spicifera* en infralitoral y *Cladophora prolifera* en los estratos medio y superior.

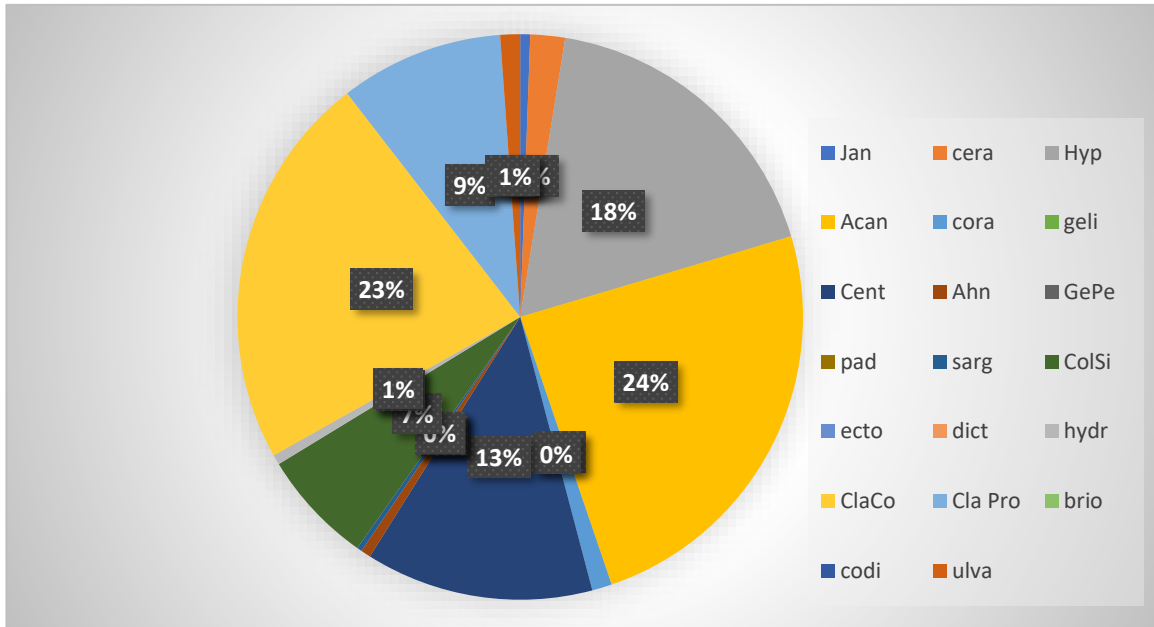
Los resultados de El Faro muestran claramente una transición de un infralitoral relativamente diverso hacia un supralitoral dominado por una única especie. Esto se debería a factores abióticos como el estrés por desecación y la radiación solar, que reducen drásticamente la abundancia de algas en la banda superior. La ocurrencia de *Cladophora prolifera* en los dos estratos más altos respalda la idea de que ciertas macroalgas filamentosas desempeñan un papel crítico como posiblemente especies resistentes y adaptables en los ecosistemas estresados. Sin embargo, la fuerte dominancia disminuye la equitabilidad, lo que puede aumentar la vulnerabilidad ecológica del sistema: si algún factor daña a la especie dominante, el sistema podría perder estabilidad y funcionalidad.

Los patrones de distribución de macroalgas en El Faro evidencian cómo los factores abióticos estructuran verticalmente la comunidad intermareal. Mientras que el infralitoral sostiene mayor diversidad y varias especies dominantes, el mesolitoral y el supralitoral concentran la abundancia en un número reducido de macroalgas resistentes, destacando el papel clave de *Cladophora prolifera*.

Playa La Barca

Figura 17

Abundancia del estrato infralitoral La Barca

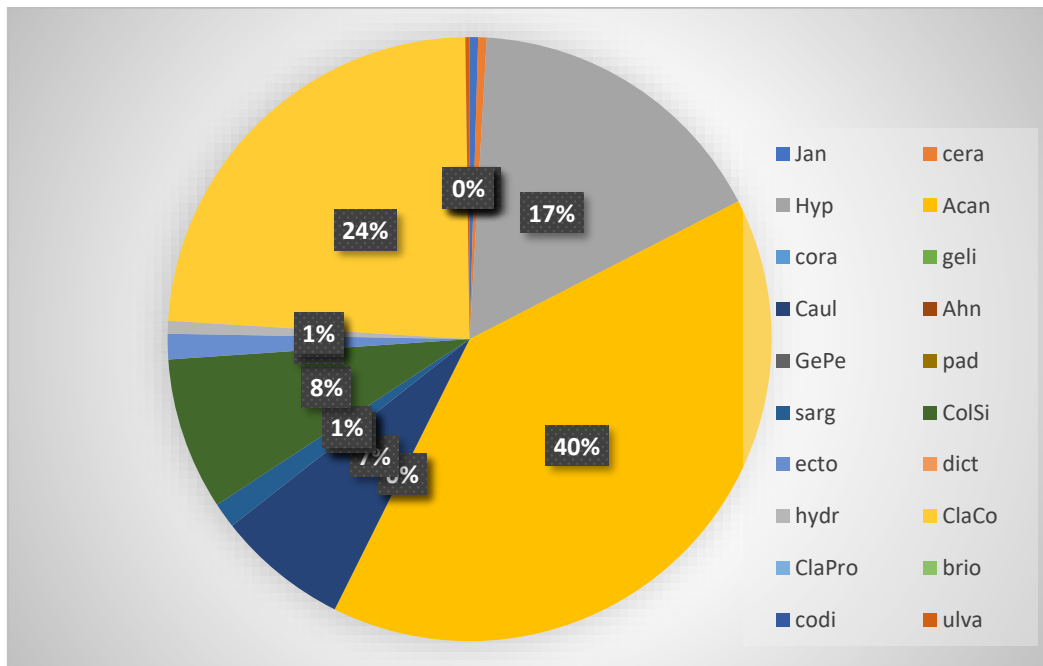


Sobre la base de los datos obtenidos, en la Figura 17 en el infralitoral, la composición puede considerarse relativamente heterogénea, con dominancia compartida entre *Acanthophora spicifera* (24%) y *Cladophora columbiana* (23%), seguidas por *Hypnea spinella* (18%) y *Centroceras clavulatum* (13%). Este patrón muestra que el estrato más profundo sigue manteniendo condiciones favorables para especies que requieren inmersión constante y una mayor estabilidad ambiental. La alta presencia de *Cladophora columbiana* indica la capacidad de la especie para prosperar en aguas con un buen intercambio de nutrientes. Además, los altos recuentos de *Acanthophora spicifera* son coherentes con su estatus de especie clave en los entornos intermareales de Santa Elena, donde se la observa con mayor frecuencia. Las presencias secundarias de especies como *Colpomenia sinuosa* el 7% y *Cladophora prolifera* un 9% añaden funcionalidad y diversidad a la comunidad, ya que también están adaptadas a un buen flujo de sustancias vitales. De vuelta en la costa rocosa, *Jania adhaerens*, *Corallina officinalis* o *Ulva*

lactuca, entre otros, en lugar de ocupar lugares igualmente importantes, solo alcanzan el 1-2%, es decir, aquellos que logran sobrevivir a pesar de su limitada competitividad en condiciones de competencia herida.

Figura 18

Abundancia del estrato mesolitoral La Barca

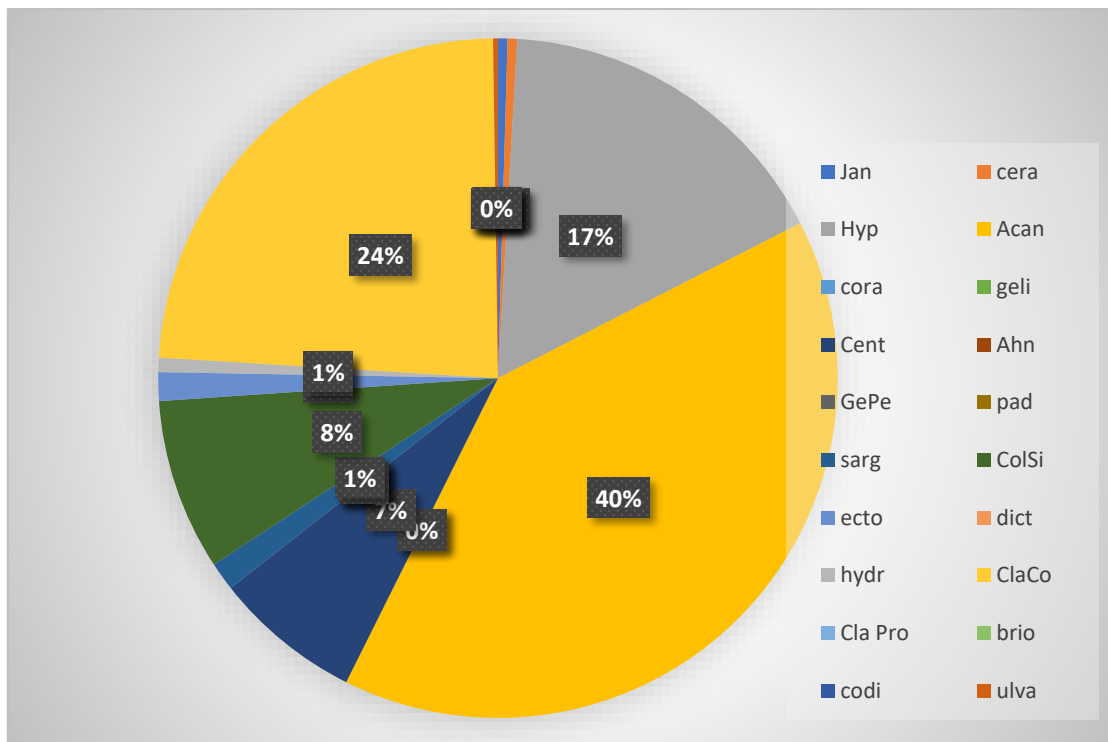


Además, en la Figura 18, el impacto en el mesolitoral se expresa con un cambio en la estructura de la comunidad. *Acanthophora spicifera* aumenta a un 40% de la abundancia, efectivamente subrogando la estructura de la especie dominante del estrato. La segunda y tercera especie más abundantes son *Cladophora columbiana* y *Hypnea spinella* alrededor de 24 a 17%, respectivamente, y juntas conforman más del 80% de la comunidad. El alto dominio de *Acanthophora spicifera* se puede explicar por su capacidad para soportar la alternancia de inmersión y emersión sobre la superficie de las rocas, además de su resistencia a la desecación parcial en el quebranto de las corrientes de marea. En este estrato se disminuye significativamente la equitabilidad, lo que nos indica que pocas especies acumulan la mayoría de la abundancia, lo mismo que sucede

con *Centroceras clavulatum* y *Colpomenia sinuosa* que auxilian en la complementariedad con respectivamente 7% y 8%. La baja presencia de algas como *Ectocarpus* o *Sargassum* nos indica que las condiciones del mesolitoral no son favorables para el desarrollo de especies con menor grado de inmersión o mayor grado de sumersión en el estrés abiótico.

Figura 19

Abundancia del estrato supralitoral La Barca



En la Figura 19, el supralitoral se caracteriza por un cambio aún más pronunciado, con un dominio fuerte de *Cladophora columbiana* con el 38%, seguido de *Hypnea spinella* con el 35% y *Cladophora prolifera* con el 21%. Entre estas tres, se alcanza el 90% de la comunidad, lo que muestra una fuerte simplificación estructural. La alta abundancia de especies clímax generalistas como *Cladophora* e *Hypnea* es un resultado directo de sus adaptaciones fisiológicas de retener la humedad y tolerar períodos prolongados de insolación. Su dominancia compartida indica que el supralitoral puede funcionar como un ambiente altamente selectivo que permite que solo un número mínimo

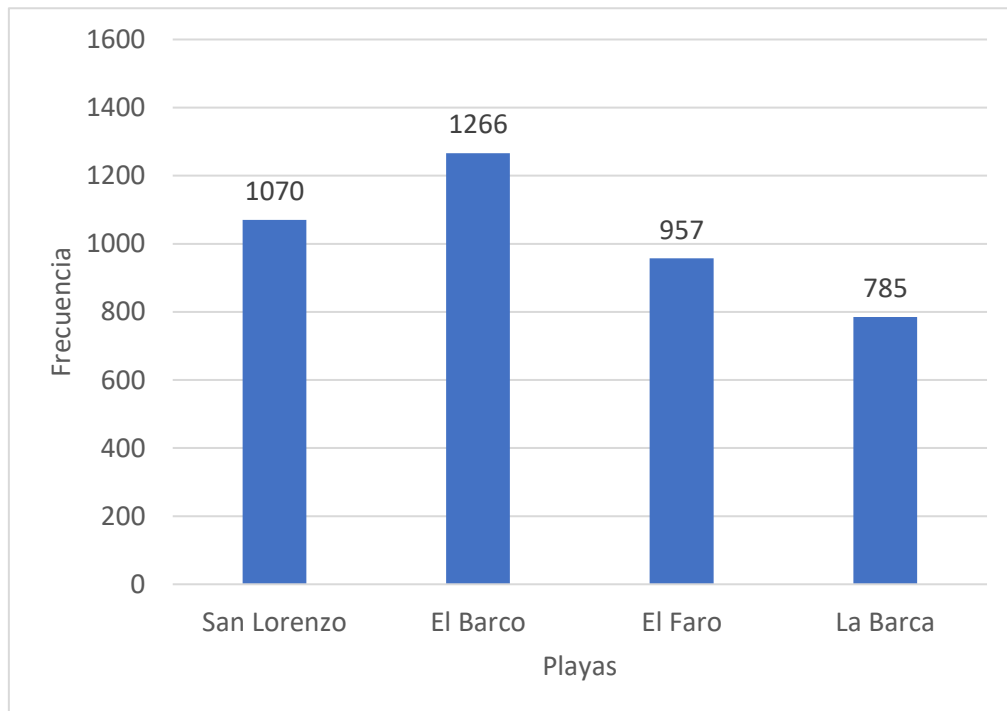
de macroalgas generalistas persista en condiciones extremas. En contraste, especies como *Acanthophora spicifera* y *Centroceras clavulatum* se reducen a proporciones mínimas, lo que sugiere poca tolerancia a la desecación.

El análisis de la abundancia de macroalgas en los tres estratos intermareales de La Barca revela patrones de distribución vertical fuertemente condicionados por los factores abióticos. A pesar de esto, la transición del infralitoral al supralitoral muestra un cambio significativo en cuanto a la composición específica y dominancia, reflejando la influencia del gradiente de inmersión, disponibilidad de nutrientes, acción del oleaje y exposición a la desecación. En términos generales, la comunidad se organiza en torno a unas pocas especies dominantes, y son numerosas las que mantienen bajas proporciones, añadiendo diversidad, pero con mínima incidencia estructural.

Los resultados en La Barca demuestran de manera crítica cómo los factores abióticos determinan un gradiente de dominancia y diversidad. Mientras tanto, el infralitoral es más heterogéneo, en los supralitorales son pocas las especies resistentes que dominan. Esto gobierna el compromiso entre diversidad y adaptación; en ambientes menos extremos, se le da el lujo de dejar que coexistan más de una especie de alga, mientras que, en los extremos, solo se ofrece supervivencia a ciertos tipos de algas que pueden resistir. La aparición continua de *Cladophora columbiana* en todos los estratos y la preponderancia en el supralitoral son reflejos de la idea de cierto papel que juegan las algas filamentosas en la estructura y resistencia de estas comunidades.

Figura 90

Frecuencia de especies por playa



En la Figura 20, en total, en los cuatro sitios de muestreo (San Lorenzo, El Barco, El Faro y La Barca) se registraron 4078 individuos pertenecientes a 20 especies de macroalgas. Siendo El Faro (17) y El Barco (17), los que presentan mayor diversidad de especies. Al analizar el sitio con mayor concentración de especies, se observa que El Barco presenta mayor cantidad de especies (1266), con predominio de *Centroceras clavulatum* con 513 registros, seguido de San Lorenzo con abundancia de *Centroceras clavulatum* 482 especies, El Faro con mayor frecuencia de especies *Cladophora prolifera* (301) y La Barca con 177 especies de *Acantophora spicifera*.

Índices ecológicos

Tabla 26

Índices ecológicos calculados en los sitios de estudio

Estación	S	N	D	J	H LOG2	1-λ
11A	5	52	1.0123	0.83658	1.9425	0.70965
11B	5	45	1.0508	0.70991	1.6484	0.61313
11C	7	55	1.4973	0.82467	2.3151	0.74613
11D	4	91	0.66506	0.82175	1.6435	0.67619
11E	4	92	0.66345	0.61344	1.2269	0.53201
11F	5	92	0.88461	0.76588	1.7783	0.672
12A	3	34	0.56716	0.98514	1.5614	0.67558
12B	4	77	0.69064	0.79563	1.5913	0.63465
12C	4	95	0.65878	0.7228	1.4456	0.56349
12D	6	96	1.0954	0.65759	1.6998	0.60066
12E	7	98	1.3086	0.69087	1.9395	0.67284
12F	10	96	1.9718	0.62027	2.0605	0.61776
13A	6	26	1.5346	0.83281	2.1528	0.76615
13B	4	38	0.82472	0.94523	1.8905	0.73257
13C	6	35	1.4063	0.95917	2.4794	0.83193
13D	1	15	0	Missing!	0	0
13E	8	72	1.6368	0.76288	2.2887	0.74844
13F	7	48	1.5499	0.72959	2.0482	0.72163
21A	7	62	1.4538	0.83705	2.3499	0.79746
21B	8	100	1.52	0.68371	2.0511	0.68626
21C	11	87	2.2392	0.74628	2.5817	0.77653
21D	7	50	1.5337	0.86602	2.4312	0.80653
21E	8	60	1.7097	0.82811	2.4843	0.79887
21F	4	54	0.75207	0.73163	1.4633	0.60657
22A	10	88	2.0101	0.6419	2.1323	0.6698
22B	10	90	2.0001	0.60801	2.0198	0.61049
22C	12	77	2.5323	0.77358	2.7732	0.79904
22D	11	89	2.2278	0.82234	2.8448	0.80848
22E	7	58	1.4777	0.76088	2.1361	0.72716
22F	8	81	1.5929	0.77439	2.3232	0.74352
23A	4	98	0.65431	0.64458	1.2892	0.55397
23B	9	79	1.8309	0.7036	2.2304	0.73775
23C	11	85	2.2509	0.59141	2.046	0.65126
23D	10	100	1.9543	0.69505	2.3089	0.72303
23E	9	60	1.9539	0.71015	2.2511	0.70904
23F	7	51	1.526	0.86508	2.4286	0.80627
31A	7	68	1.422	0.87545	2.4577	0.80026

31B	6	63	1.2068	0.8508	2.1993	0.75781
31C	8	77	1.6115	0.59398	1.7819	0.54545
31D	9	67	1.9026	0.92322	2.9265	0.86658
31E	10	90	2.0001	0.85642	2.845	0.83246
31F	9	38	2.1993	0.80012	2.5363	0.80228
32A	6	44	1.3213	0.76761	1.9842	0.7019
32B	6	46	1.3059	0.87243	2.2552	0.78937
32C	6	56	1.2421	0.79935	2.0663	0.71688
32D	3	60	0.48848	0.51527	0.81669	0.29661
32E	5	63	0.96545	0.60643	1.4081	0.50026
32F	7	45	1.5762	0.83361	2.3402	0.79091
33A	9	45	2.1016	0.81664	2.5887	0.81212
33B	7	73	1.3985	0.83147	2.3342	0.77778
33C	2	60	0.24424	0.12229	0.12229	0.033333
33D	1	3	0	Missing!	0	0
33E	3	12	0.80486	0.75	1.1887	0.5303
33F	1	84	0	Missing!	0	0
41A	8	71	1.64220	0.76945	2.3084	0.72757
41B	4	22	0.97055	0.62165	1.2433	0.4632
41C	9	81	1.82050	0.78422	2.4859	0.78179
41D	7	67	1.42700	0.78629	2.2074	0.7336
41E	5	35	1.12510	0.73615	1.7093	0.62689
41F	8	82	1.58850	0.75237	2.2571	0.71334
42A	3	19	0.67925	0.8694	1.378	0.61988
42B	2	3	0.91024	0.9183	0.9183	0.66667
42C	6	61	1.21630	0.57293	1.481	0.51311
42D	7	38	1.64940	0.83699	2.3497	0.78094
42E	3	51	0.50867	0.6978	1.106	0.44157
42F	9	90	1.77790	0.66198	2.0984	0.67491
43A	2	34	0.28358	0.87398	0.87398	0.42781
43B	5	50	1.02250	0.70674	1.641	0.59592
43C	3	15	0.73854	0.77665	1.231	0.5619
43D	5	19	1.35850	0.95387	2.2148	0.81287
43E	0	0	Missing!	Missing!	0	Missing!
43F	5	52	1.01230	0.70095	1.6275	0.63952

El análisis de los índices ecológicos en la Tabla 26 sugiere patrones heterogéneos en la distribución de macroalgas a lo largo de las plataformas rocosas intermareales que cubren la provincia de Santa Elena. La diversidad de Shannon-Wiener ponderada muestra que la diversidad excede 2.5 en varios sitios, lo que sugiere una comunidad altamente

compleja. En los casos donde $H \log_2$ supera 2.5, es necesario revisar la calidad de los datos, pues valores muy elevados pueden reflejar errores de muestreo o una sobreestimación de especies.

La relación entre dominancia y equitabilidad es consistente: a mayor dominancia, la equitabilidad disminuye. Así, estaciones 12E y 21C revelan valores altos de D que se acompañan por los bajos valores de J. En ambos casos, ciertas especies están dominando en la comunidad. Esto evidencia la importancia de evaluar no solo la riqueza específica (S), sino también cómo se distribuyen las abundancias.

En cuanto al índice $1-\lambda$, varios sitios presentan valores cercanos o superiores a 0.7, reflejando una distribución relativamente uniforme. No obstante, en estaciones donde este índice cae por debajo de 0.5, como en 32D (0.29) o 32E (0.50), se evidencia que la distribución de especies no es equitativa. Este patrón puede estar asociado a estresores ambientales (como variaciones de pendiente, rugosidad, temperatura u oxigenación) que limitan la capacidad de las algas para mantener una presencia homogénea. Dichos estresores generan condiciones de dominancia por pocas especies más tolerantes, lo que empobrece la estructura comunitaria.

En suma, los resultados sugieren que hay una alta relación entre diversidad, equidad y predominancia con factores abióticos en el litoral rocoso. La variabilidad espacial en la distribución de macroalgas se plantea, no es homogéneo; hay ambientes que pueden promover una mayor diversidad, y en otros, debido a factores desfavorables, pueden promover la exclusión y el predominio de alguna especie.

En la distribución de macroalgas en plataformas rocosas intermareales de la provincia de Santa Elena revela patrones interesantes de dominancia y diversidad en las especies. En el filo Rhodophyta, destaca la especie *Centroceras clavulatum* con la mayor

cobertura del 27.9%, lo que sugiere una alta adaptabilidad a las condiciones abióticas locales. Igualmente, *Acanthophora spicifera* muestra una presencia significativa (15.9%), confirmando su capacidad competitiva en estos hábitats. Estos resultados pueden estar relacionados con factores como la exposición a la luz y las corrientes, que influyen en la distribución de las algas rojas.

Dentro del filo Ochrophyta, *Ectocarpus spp* (9.7%) y *Colpomenia sinuosa* (7.4%) destacan, reflejando posiblemente una preferencia por aguas con mayores fluctuaciones de nutrientes o variaciones de temperatura, características que son comunes en estas plataformas intermareales. Las algas pardas parecen adaptarse bien a las áreas con fuerte movimiento del agua, lo que podría explicar su presencia moderada.

Y, en el filo Chlorophyta, las especies *Cladophora columbiana* (11.7%) y *Cladophora prolifera* (9.3%) dominan, lo que indica su capacidad para prosperar en entornos expuestos, donde la luz solar es abundante y las condiciones son variables. La escasa representación de otras especies en este filo, como *Bryopsis plumosa*, sugiere que las condiciones locales no favorecen a todas las algas verdes por igual.

Los valores del índice de Shannon-Weaver para las cuatro playas de estudio, este índice es un puntaje de diversidad que mide tanto la riqueza como la equitatividad de las comunidades. En este caso, El Faro tiene el valor más alto (3.11), lo que posiblemente indique la mayor equitatividad y variedad entre las especies, en comparación con otras playas. Mientras que, San Lorenzo es el segundo con 3.02, lo que es solo un poco más bajo que en El Faro, sin embargo, es bien alto en términos de diversidad. Este valor muestra que San Lorenzo tiene una diversidad ecológica relativamente alta, aunque no tan alta equitativamente o en términos de riqueza como El Faro. La Barca es el tercero con un puntaje de 2.94, lo que también puede ser llamado diverso. Y El Barco tiene el

puntaje más bajo, lo que indica la menor diversidad reflejando una comunidad con menor variedad de especies. Estos valores pueden ser influenciados por factores ambientales o por el impacto de actividades humanas en estas zonas.

Los índices de diversidad mostraron diferencias significativas entre playas. La prueba de kruskal-wallis mostró variación entre sitios para Shannon ($H = 11.19$; $p = 0.01$), Simpson ($H = 13.29$; $p = 0.004$) y Pielou ($H = 11.53$; $p = 0.009$). Eso indica que los resultados de diversidad, abundancia y equidad de las comunidades de macroalgas no fueron uniformes entre localidades.

Análisis de las variables ambientales en los litorales rocosos

Tabla 27

Variables del litoral rocoso

Variab les	San Lorenzo	El Barco	El Faro	La Barca
Oxi (mg/L)	8,8	7,1	8,9	7,7
%OD (%)	130	108	129	113
Temp (°C)	26,1	27,7	25,3	25,2
Baro (hPa)	765,1	761,7	764,5	762,4
Sali (pH)	33	33	33	33

Nota. Oxi=Oxígeno disuelto, %OD=Porcentaje de Oxígeno Disuelto, Temp=Temperatura, Baro=Barómetro, Sali=Salinidad.

La caracterización de las variables en las áreas de estudio de las características del litoral rocoso muestra diferencias significativas entre San Lorenzo, El Barco, El Faro y La Barca cuando se trata de oxígeno disuelto, porcentaje de oxígeno y temperatura, mientras que la salinidad se mantiene constante en todas las localidades. Como se observa en la tabla 27, la uniformidad de valores señalados por la salinidad sugiere las condiciones

del agua del mar estable, ya que, en los litorales, la salinidad tiende a ser homogénea al ocurrir la interacción constante con el océano.

San Lorenzo y El Faro presentan los valores más altos de oxígeno disuelto de 8.8 y 8.9 mg/L respectivamente. La exposición del área al oleaje o la aspereza del sustrato rocoso puede contribuir a una oxigenación superior. La mayor aspereza promueve a circulación de agua, lo cual aumenta los niveles de oxígeno. Por otro lado, El Barco presenta el menor nivel de oxígeno disuelto. La aspereza relativamente baja y la pendiente limitada dificultan la oxigenación del área.

El porcentaje de oxígeno disuelto (%OD) apoya estos hallazgos, con San Lorenzo y El Faro mostrando los valores más altos (130% y 129%, respectivamente). Esto sugiere una sobresaturación de oxígeno, probablemente impulsada por la exposición directa al oleaje y a la alta rugosidad, que facilitan la oxigenación en estas zonas. En cuanto a la temperatura, la playa El Barco posee la temperatura más alta (27.7 °C), siendo los valores más bajos en El Faro y La Barca con 25.3 °C y 25.2 °C respectivamente. Esto, podría deberse a diferencias en la exposición solar directa o en la circulación de agua. Las zonas con menor exposición al oleaje suelen retener más calor, lo cual explicaría las temperaturas relativamente más elevadas en El Barco. La presión barométrica muestra la menor variación con un rango de 761.7-765.1 hPa, sin patrones específicos evidentes que puedan asociarse directamente con las características del litoral.

Correlación de las variables ambientales del litoral rocoso con la diversidad de macroalgas

Tabla 28

Relación entre las variables ambientales y diversidad

		Oxi	%OD	Temp	Baro	Sali	Rugo
Diversidad	Correlación de Pearson	0.296	0.889	-0.842	0.853	.a	0.327
	Sig.	0.704	0.111	0.158	0.147		0.673

Nota. .a = No se puede calcular porque, como mínimo, una de las variables es constante.

Se evidenció en la Tabla 28, una relación no significativa entre la diversidad de macroalgas y el oxígeno disuelto con un valor de 0.296. Por lo que se puede decir que la variabilidad en los niveles de oxígeno disuelto no afecta los niveles de diversidad de macroalgas en el litoral rocoso. Con respecto al Oxígeno disuelto la correlación entre estos dos factores es alta 0,889 pero no significativa. Este coeficiente muestra que la diversidad aumenta con el porcentaje de oxígeno disuelto en el agua. Frente a la Temperatura se denota una relación negativa y relativamente alta (-0.842), aunque no es significativa.

Además, para la presión barométrica este factor muestra una relación positiva y alta, aunque no significativa. Este coeficiente positivo sugiere una posible tendencia en la que mayores presiones barométricas podrían estar relacionadas con una mayor diversidad de macroalgas. Y para la rugosidad la relación con la diversidad es baja, 0.327 y no significativa. En conjunto, los resultados muestran correlaciones moderadas a altas entre la diversidad de macroalgas y varias variables ambientales, especialmente el porcentaje de oxígeno disuelto, la temperatura y la presión barométrica.

Interrelaciones de las macroalgas con las variables ambientales

Con base en las distancias euclidianas (estrés = 0.01), se mostró la ordenación de los sitios según la composición de macroalgas (Figura 22). Se observó la proximidad entre el estrato infralitoral de los sitios de San Lorenzo El Barco y El Faro (San Lorenzo 1 y Barco 1), así como entre las zonas de mesolitoral de San Lorenzo, El Barco y supralitoral de El Barco (Barco 2, San Lorenzo y Barco 3), mientras que otros sitios, como el estrato de supralitoral de La Barca y San Lorenzo (Barca 3 y San Lorenzo 3) se ubicaron en posiciones más alejadas.

Se destacan 3 grupos principales y las zonas en barca 1, faro 2, San Lorenzo 3 y barca 3 como zonas separadas debido a divergencias entre las relaciones de los parámetros estudiados; uno de los grupos principales conformado por San Lorenzo 2 (mesolitoral), Barco 2 (mesolitoral) y barco 3 (supralitoral) se caracteriza por presentar una alta rugosidad, abundancia y diversidad intermedia alta. El grupo conformado por San Lorenzo 1 (infralitoral), Barco 1 (infralitoral) y Faro 1 (infralitoral) se podría describir como zona de alta rugosidad, abundancia y diversidad media alta, muy similar al grupo anterior, aunque con una pendiente moderada y una exposición al oleaje que no favorece una colonización masiva, pero sí una relativamente diversa. El grupo conformado por Faro 3 y Barco 2 presente una rugosidad alta, pendiente de poca inclinación, abundancia media-baja, diversidad media, lo que puede implicar que las pendientes poco inclinadas tienden a acumular agua, pero con menor recambio, lo que influye en la disolución del oxígeno y la dispersión de nutrientes lo que puede ser un delimitante para la abundancia.

En cuanto a Barco 1 (infralitoral), cuenta con una superficie muy rugosa, pendiente poco inclinada, valores de oxígeno estándar, temperatura de aguas templadas, abundancia media y diversidad alta. Se evidencia una diversidad mayor a la abundancia, lo que indica una comunidad más equilibrada entre especies, a pesar de que ninguna es

dominante.

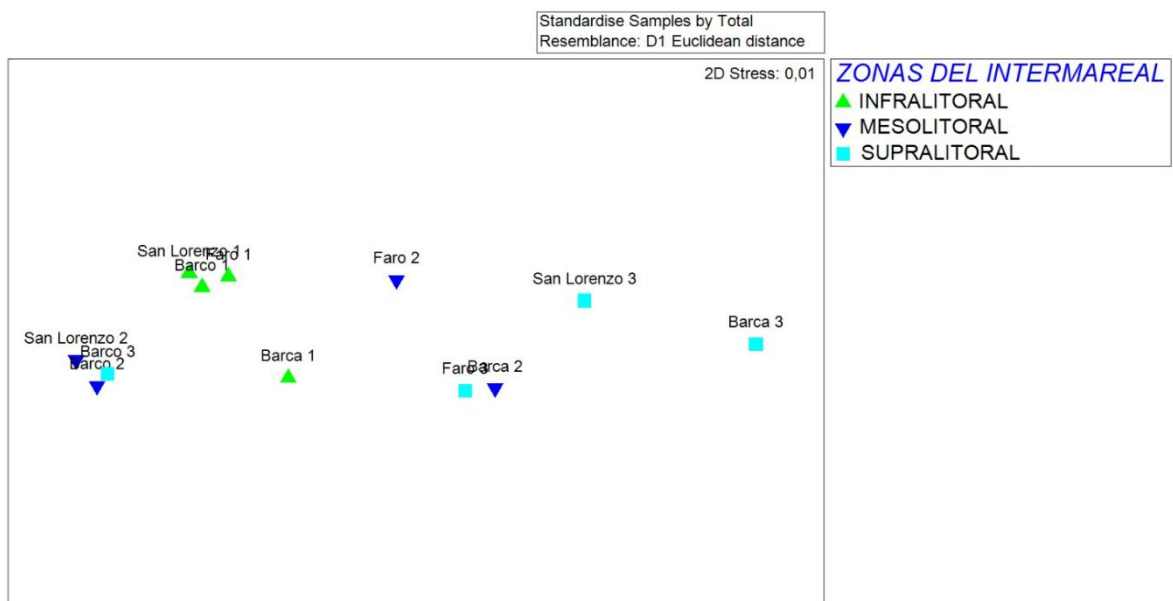
Faro 2 (mesolitoral) dispone de una pendiente relativamente inclinada, superficie rugosa, niveles relativamente altos de oxígeno, temperatura de aguas templadas rondando los 25°C, abundancia y diversidad se encuentran en una medida media. Cuenta con una pendiente más inclinada, lo que provoca un impacto mayor del oleaje y, a su vez, permite al medio contar con un mayor nivel de oxígeno. Sin embargo, eso ocasiona, a su vez, mayor estrés mecánico; esto puede explicar por qué la abundancia no es alta (algas delicadas se desprenden) y solo sobreviven especies resistentes.

San Lorenzo 3 (supralitoral) dispone de superficie ligeramente lisa, la pendiente se presenta sutilmente inclinada, niveles de oxígeno considerados altos, temperatura más cálida, a pesar de mostrar una abundancia baja ostenta una diversidad media. La baja rugosidad implica menos microhábitats, lo que se traduce en una menor cobertura de algas. Aun así, la diversidad media muestra que varias especies están presentes, aunque en escasa cantidad.

Barca 3 (Supralitoral), caracterizada por poseer una alta rugosidad, una pendiente poco inclinada, niveles de oxígeno neutrales en términos generales y una temperatura del agua templada, mostrando una abundancia baja y una diversidad media baja. El estado de las condiciones fue aparentemente adecuado, pero la abundancia baja puede deberse a factores externos, como relaciones interespecíficas con otras especies.

Figura 10

Escalamiento multidimensional no métrico (nMDS)



El análisis de agrupamiento (CLUSTER) establece dos grupos de muestras, con una similitud del 50%. Mostró marcadas diferencias en la composición por especies y por condiciones ambientales, de modo que se ordenaron en dos grupos, que a su vez están subdivididos.

Una subdivisión dicotómica se basa en similitudes entre los parámetros de los ecosistemas previamente mencionados.

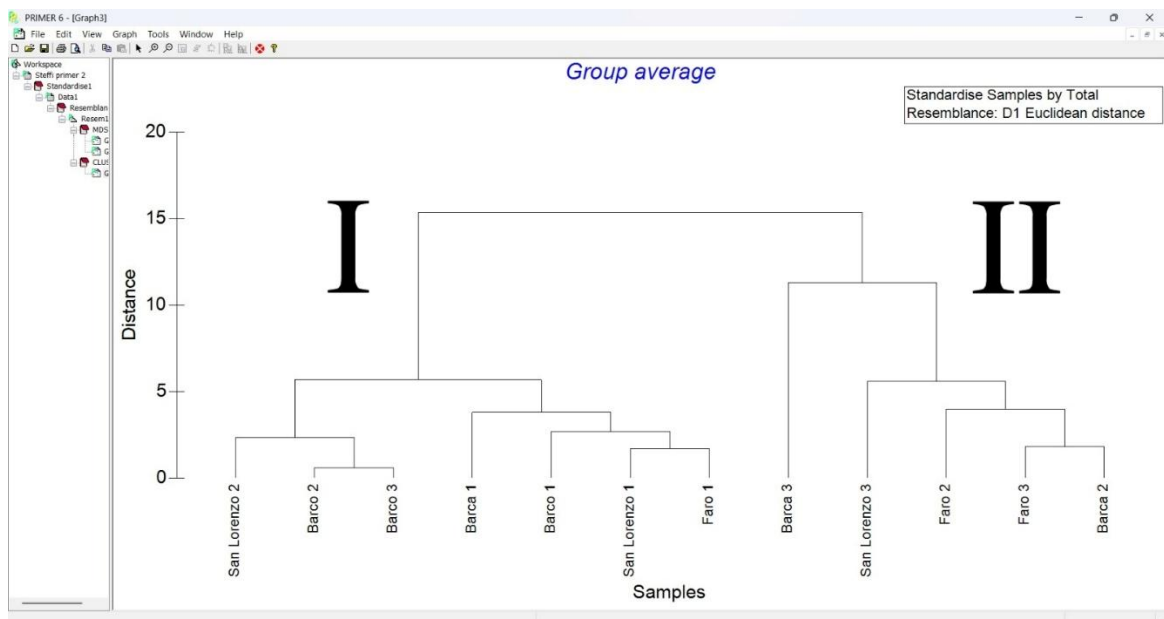
El grupo I constituido por dos subgrupos, en el que uno está conformado por San Lorenzo 2 (mesolitoral), El Barco 2 (mesolitoral) acompañado de La Barca 3 quienes representados en la Figura 24, están más cercano al valor 0, tienen más similitud entre si siendo comprensible ya que son la misma, mientras que el otro subgrupo está integrado por el infralitoral de La Barca, El barco, San Lorenzo y el faro, evidenciando la similitud entre las comunidades de las zonas más bajas del intermareal rocoso, caracterizadas por especies abundantes y adaptadas a condiciones de inmersión continua. El grupo II está constituido por dos subdivisiones, una de ellas integrada por el supralitoral de La Barca,

sin embargo, el otro grupo está conformado por el estrato supralitoral San Lorenzo, otra subdivisión que consta del mesolitoral de El Faro, finalizando con el supralitoral de El Faro y el mesolitoral de La Barca. De las cuales se diferenciaron por su mayor heterogeneidad y dominancia de especies resistentes a condiciones de desecación, oleaje y estrés fisiológico.

Este patrón corroboró la estructura revelada por el análisis de escalamiento multidimensional no métrico (Figura 23), lo que confirma la existencia de tres conjuntos principales. Lo que sugiere comunidades heterogéneas, dominadas por especies resistentes a condiciones extremas de desecación y de estrés térmico-salino.

Figura 11

Análisis de conglomerados



El análisis de componentes principales explicó el 98,5 % de la variación total en los dos primeros ejes (Figura 24). El PC1 estuvo principalmente asociado con la salinidad y la temperatura, mientras que el PC2 se relacionó con la pendiente y el oxígeno disuelto.

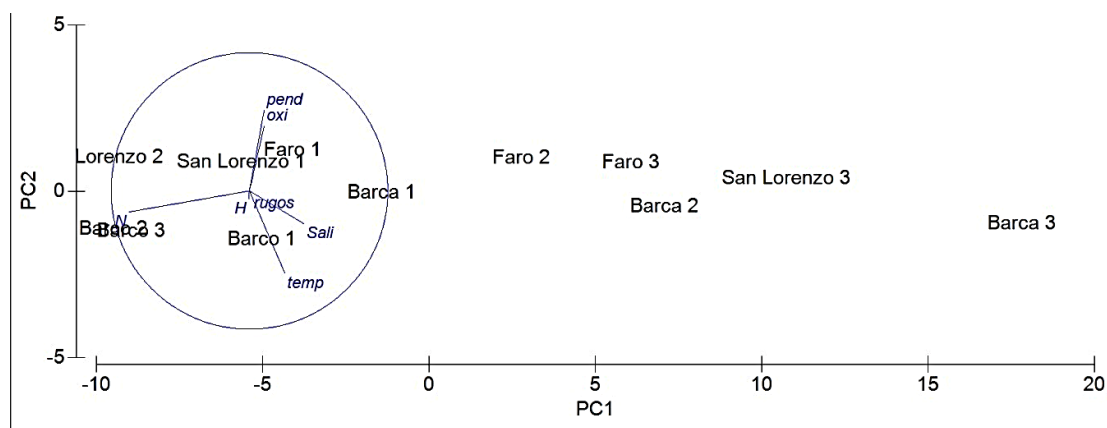
Se observó que los estratos infralitorales de San Lorenzo y El Barco (San Lorenzo

1 y Barco 1) se ubicaron cercanos a las variables de salinidad y temperatura, lo que refleja que estas zonas, al encontrarse sumergidas de manera continua, están influenciadas por la estabilidad térmica y salina del medio. En contraste, los estratos mesolitorales, como Faro 2 y San Lorenzo 2, se asociaron de forma más estrecha con los valores de oxígeno disuelto, lo que puede atribuirse a la constante acción del oleaje en estas zonas, que favorece la aireación y el recambio de agua. Por su parte, algunos estratos supralitorales, como San Lorenzo 3 y Barca 3, se encontraron cercanos al eje asociado a la pendiente, indicando que la inclinación del sustrato y la exposición al oleaje son factores determinantes en la composición de sus comunidades.

En conjunto, el PCA muestra que los gradientes ambientales diferencian a los estratos del intermareal, destacando el papel de la temperatura y la salinidad en las zonas más bajas (infralitoral), del oxígeno disuelto en los niveles medios (mesolitoral), y de la pendiente en los niveles más altos y expuestos (supralitoral)

Figura 12

Análisis de componentes principales (PCA)



Con respecto a la similitud entre las zonas, se mostró diferencias notables entre las playas evaluadas. San Lorenzo se caracterizó por un claro predominio de *Centroceras clavulatum* y *Acanthophora spicifera*, acompañadas en menor proporción por *Hypnea*

spinella y *Colpomenia sinuosa*. La presencia de estas especies sugiere un ambiente favorable para macroalgas frondosas y de rápido crecimiento.

El Barco, similar a San Lorenzo, presentó una fuerte dominancia de *Centroceras clavulatum*, seguida de *Colpomenia sinuosa*, con aportes de *Hypnea spinella* y *Acanthophora spicifera*. Este patrón refleja condiciones que permiten el desarrollo de especies oportunistas en zonas de fácil acceso y con influencia antrópica.

El Faro, en contraste, mostró un predominio de *Acanthophora spicifera* y *Hypnea spinella*, acompañadas de *Colpomenia sinuosa*. La menor abundancia de *Centroceras clavulatum* diferencia a este sitio, lo que sugiere que las condiciones locales (oleaje, exposición, tipo de sustrato) favorecen algas ramificadas y resistentes al disturbio.

La Barca se distinguió por la alta abundancia de *Cladophora columbiana*, junto con *Acanthophora spicifera* e *Hypnea spinella*. Este patrón evidencia un ensamble dominado por especies filamentosas, con capacidad de colonizar rápidamente sustratos rocosos expuestos.

En conjunto, los resultados indican que las playas de San Lorenzo y El Barco comparten un patrón composicional dominado por *Centroceras clavulatum* y *Colpomenia sinuosa*, mientras que El Faro y La Barca presentan mayor abundancia de *Acanthophora spicifera*, *Hypnea spinella* y *Cladophora columbiana*. Esta diferenciación sugiere una posible influencia de factores ambientales como la exposición al oleaje, disponibilidad de sustrato y grado de impacto antrópico sobre la distribución y dominancia de las especies.

DISCUSIÓN

Objetivo General: Determinar los patrones de distribución de macroalgas y sus relaciones con factores abióticos.

La similitud encontrada en los valores de salinidad entre las estaciones de Salinas y Ballenita coincide con la literatura regional, que indica que las variaciones locales de los sectores costeros ecuatorianos son relativamente bajas, excepto durante grandes eventos oceánicos, como El Niño–Oscilación del Sur donde los gradientes salinos se modifican a gran escala. Esta hipótesis se ve reforzada por los estudios de Savage et al. (2024), acerca de la química del medio marino, que establecen que en condiciones normales la salinidad es estable, la misma que, demuestra mayor sensibilidad a la dinámica de las corrientes y a los fenómenos climáticos, a diferencia de otras variables, como la temperatura y la concentración de nutrientes.

En este estudio la salinidad se mantuvo constante en 33 Pepe m en los cuatro sitios evaluados como lo que confirma esta estabilidad descrita por la literatura. La uniformidad observada coincide con la dinámica del Pacífico oriental, donde los valores regulares de la salinidad solo se alteran durante eventos ENSO, reforzando que las plataformas rocosas que se entrena responden a patrones oceánicos ampliamente documentados.

Las concentraciones más altas de oxígeno se encontraron en San Lorenzo y El Faro, en ambientes más fríos, lo que se alinea con los patrones descritos en la literatura, en relación con la temperatura y el oxígeno disuelto. Sin embargo, en El Barco, observamos temperaturas más altas y concentraciones de oxígeno más bajas, lo cual es consistente con el aumento de la concentración de oxígeno observado en la combinación de surgencias frías y corrientes costeras. Este patrón está respaldado por estudios como los de Espinoza et al. (2023), que también sugieren que las fluctuaciones en la temperatura y el oxígeno, amplificadas por fenómenos como El Niño, afectan la estructura de la

comunidad intermareal, confirmando nuestras observaciones sobre el papel clave de las predicciones oceánicas locales.

En las mediciones de este estudio el oxígeno alcanzó 8.8 mg/L en San Lorenzo y 8.9 mg/L en El Faro mientras que El Barco registró el menor valor (7.1 mg/L) junto con la temperatura más alta del estudio (27.7 °C). Esta relación inversa temperatura-oxígeno coincide directamente con la tendencia descrita por Espinosa et al. (2023) y evidencia que los gradientes térmicos locales influyen significativamente en la disponibilidad del oxígeno en las plataformas rocosas de Santa Elena.

Objetivo Específico 1: Caracterizar las variables ambientales y geomorfológicas del litoral rocoso.

Geomorfológicamente, las diferencias entre las plataformas con menor pendiente y mayor accesibilidad en Salinas y las más empinadas y vulnerables en Ballenita están en línea con caracterizaciones anteriores de la península de Santa Elena. Y en nuestro estudio, se encontró que Salinas tenía las plataformas más accesibles, menos inclinadas, que tenían una contribución antropogénica más fuerte, como se observó en Herrera et al. (2020), quienes señalaron que estas variaciones geomorfológicas son cruciales para la ocupación humana y la conservación de la biodiversidad. Este patrón también se reporta en nuestros resultados, que mostraron un mayor grado de alteración biológica en áreas fácilmente accesibles, ya que Quimi et al. (2023) reportaron cambios considerables en la cobertura de algas y macroinvertebrados en entornos con alta actividad turística o pesquera.

Los valores de pendiente obtenidos en este estudio respaldan esta interpretación: el barco presenta la plataforma más baja (5.69°) y El Faro La mayor inclinación (8.0°). La correspondencia entre accesibilidad y pendiente refuerza la influencia de la geomorfología en la actividad humana descrita por Herrera et al. (2020) y coincide con

nuestras observaciones de mayor alteración biológica en sitios de acceso directo.

Los resultados de este estudio están en concordancia con los hallazgos sobre la interacción entre las variables físicas del sustrato, la pendiente y la rugosidad con la literatura, incluyendo a Cárdenas et al. (2020), que también destacaron la importancia de estas variables en la distribución de las comunidades biológicas. Las especies de macroalgas mostraron una mayor presencia en áreas con mayor rugosidad e inclinación en nuestra investigación, y esto apoya la idea de que tales propiedades geomorfológicas crean gradientes de estrés ambiental que definen la presencia y el éxito competitivo de las especies.

La mayor rugosidad registrada en nuestro estudio ocurrió en la zona superior al de La Barca (1.33) Mientras que los valores más bajos se observaron en San Lorenzo (1.03-1.24). Esta variabilidad coincide con lo descrito por Cárdenas et al. (2020) quienes señalan que la rugosidad Incrementa la heterogeneidad edad del micro hábitat y favorece la presencia de especies adaptadas al estrés mecánico con lo cual se reflejó claramente en la distribución encontrada en nuestras plataformas.

Objetivo Específico 2: Determinar la composición, abundancia y diversidad de las macroalgas presentes.

El presente estudio reportó 20 especies de macroalgas de los filos Rhodophyta, Chlorophyta y Ochrophyta. Este resultado concuerda con estudios regionales anteriores (por ejemplo, Cárdenas et al. (2020) también observaron una alta prevalencia de algas rojas en las costas rocosas de Ecuador, asociadas con microhábitats específicos. Los roles dominantes de Rhodophyta en nuestro estudio pueden atribuirse a la competencia por el espacio y a la capacidad de tolerar fluctuaciones en la luz y la acción de las olas, en línea con los hallazgos de otros lugares, como Arriola et al. (2024), quienes también observaron patrones similares en Guerrero, México.

En este estudio las Rhodophytas representaron el 57,7% del total de organismos registrados, valor que confirma la dominancia mencionada por Cárdenas et al. (2020), aunque dicho estudio no proporciona porcentajes específicos. Este predominio coincide también con los patrones porcentajes específicos. Este predominio coincide también con los patrones descritos por Arriola et al. (2024), quienes reportan que las algas rojas suelen dominar en costas expuestas a fuerte oleaje y microhábitats complejos.

Aunque los estudios examinados parecen coincidir en que los factores abióticos son un contribuyente significativo a la composición general de las comunidades de macroalgas, también se encuentran diferencias en la composición de especies específicas. Por ejemplo, la mayor abundancia de algas rojas en Santa Elena puede atribuirse a adaptaciones particulares a las condiciones locales de luz y oleaje, como sugiere Wells et al. (2025) al referirse a la dominancia de algunas especies en relación con la rugosidad del sustrato y la exposición al oleaje.

La alta abundancia total registrada en sitios como El Barco (1266 individuos) y San Lorenzo (1070) refuerza esta interpretación, ya que ambos presentan zonas con rugosidad media a alta, condiciones descritas por Wells et al. (2025) como favorables para especies resistentes al estrés mecánico y a la perturbación por oleaje.

Frente a la distribución y la composición de las comunidades de macroalgas en las rocas intermareales plutónicas, la presencia de gradientes ambientales está bien evidenciada y tiene una influencia directa en los tres niveles del intermareal. Este hallazgo se correlaciona bien con muchos trabajos recientes que demuestran correlaciones significativas entre las variables ambientales y la estructura de las comunidades de macroalgas. En los estratos infralitorales, donde la inmersión persiste, la temperatura y la salinidad no cambian significativamente, por lo tanto, las especies que necesitan condiciones subacuáticas dominarían allí. Según Mayakun & Prathep (2023), en la costa

de Samui, los ecosistemas de pastos marinos y arrecifes de coral tenían una temperatura promedio de 28.9 °C y 29.6 °C, respectivamente. La salinidad en estos lugares fue de 32.8 y 33.1 ppt, respectivamente. Es sabido que las algas rojas necesitan una alta salinidad; por lo tanto, su diversidad fue aún mayor en ecosistemas de arrecifes de coral.

En los estratos mesolitorales, la concentración de oxígeno disuelto y la influencia del oleaje tienen un efecto especialmente importante. Según un estudio realizado en el litoral de Samui, la corriente promedio en el espacio de los pastos marinos fue de 22.8 cm/s y en los corales 24.8 cm/s. La dinámica hidrodinámica anterior influye en la estructura de las comunidades de macroalgas; la composición dominante es reemplazada por aquellas especies que tienen una mayor estabilidad al estrés mecánico (Mayakun & Prathep, 2023).

En las zonas más altas de la costa, la inclinación y lo irregular que sea el terreno son cruciales. Un análisis de arrecifes entre mareas en el Atlántico sur-occidental realizado por Azevedo et al. (2020), reveló que la variedad de seres vivos en el fondo marino y cómo se organizan las poblaciones dependen mucho de cuán áspero sea el suelo y de la temperatura del agua en la superficie, decidiendo si abundan más las algas grandes o los corales. Estos datos nos hacen pensar que un suelo intrincado ofrece pequeños espacios donde pueden vivir especies capaces de aguantar las duras condiciones del entorno.

Objetivo Específico 3: Correlacionar la información bioecológica de las macroalgas con las variables ambientales.

Los análisis multivariados (CLUSTER y PCA) confirmaron que la comunidad de macroalgas está determinada por la zonificación ambiental. Estas observaciones son paralelas a la investigación de Mayakun y Prathep (2023), que sugiere que la dominancia y composición de las comunidades están afectadas por factores como la exposición a las

olas, el tipo de sustrato y el impacto humano. Los estratos infralitorales, con el menor estrés bajo condiciones sumergidas, tendieron a favorecer especies que necesitan un entorno más estable, mientras que los estratos mesolitorales y supralitorales mostraron mayores influencias en estos sistemas por la exposición a las olas y las fuerzas hidrodinámicas en nuestro estudio.

El PCA reveló que variables como temperatura y rugosidad fueron las que más aportaron a la varianza total; por ejemplo, El Barco -con la temperatura más alta (27.7 °C) y el oxígeno más bajo (7.1 mg/L)- se agrupó con especies adaptadas a condiciones menos estables, mientras que La Barca supralitoral (rugosidad 1.33) se asoció con especies resistentes al estrés mecánico. Este comportamiento es coherente con los gradientes descritos por Mayakun y Prathep (2023), quienes observaron que la variabilidad física del sustrato define la composición de macroalgas en ambientes tropicales.

El estudio de Correia et al. (2022), en la región del Golfo de México, también refuerza nuestra observación de que factores como la densidad de brotes de pastos marinos y la altura del dosel son determinantes en la distribución de macroalgas. Sin embargo, en nuestro caso, las condiciones de rugosidad y salinidad también jugaron un papel crucial en la distribución de las especies.

CONCLUSIONES

Para finalizar, se puede concluir que la distribución de macroalgas en las plataformas rocosas de Santa Elena está muy estrechamente relacionada con factores abióticos como la temperatura, salinidad, oxígeno, pendiente y rugosidad del sustrato. La estabilidad térmica y salina en las zonas infralitorales favorece comunidades más diversas, mientras que en las zonas supralitorales, una mayor pendiente y rugosidad del sustrato conducen a especies resistentes a la desecación y al estrés físico. Estos hallazgos enfatizan aún más el papel del ambiente y la geomorfología en la zonificación de macroalgas, confirmando que la forma de estas comunidades fue influenciada por la acción combinada de factores abióticos locales.

En las plataformas rocosas intermareales, la comunidad de macroalgas está dominada por especies como *Centroceras clavulatum* y *Acanthophora spicifera*, evidenciando una alta adaptabilidad de las algas rojas a las condiciones locales. El dominio de las algas rojas en áreas intermareales con luz adecuada indica que la composición y abundancia de especies está determinada principalmente por la capacidad de las macroalgas para tolerar variaciones ambientales, particularmente la luminosidad y la competencia por espacio.

La convergencia de la información bioecológica de macroalgas y las variables ambientales ha llevado a un patrón claro de zonación en la zona intermareal. Las zonas infralitorales, influenciadas por la estabilidad térmica y salina, favorecen comunidades diversas, mientras que las zonas mesolitorales están determinadas por el oxígeno disuelto. La pendiente y la rugosidad del sustrato juegan un papel crucial en las zonas supralitorales, donde las condiciones de estrés mecánico limitan la diversidad y predominan las especies resistentes.

Por lo tanto, los resultados de este estudio permitieron confirmar la hipótesis

planteada: “La composición, abundancia y distribución de las macroalgas en las plataformas rocosas de Salinas y Ballenita se ven afectadas por la salinidad como la temperatura, el oxígeno, la pendiente y la rugosidad del sustrato”. Los análisis verificaron que dichas variables ambientales se relacionan estrechamente con la estructura de las comunidades, evidenciándose que la temperatura y la salinidad influyen principalmente en la zona infralitoral, el oxígeno disuelto es determinante en la zona mesolitoral y la pendiente y rugosidad del sustrato condicionan la zona supralitoral. Estos resultados respaldan que los factores ambientales considerados sí afectan significativamente la composición, abundancia y distribución de las macroalgas en ambas localidades.

RECOMENDACIONES

- Explorar la dinámica de las macroalgas: Realizar estudios estacionales continuos de año en año, teniendo en cuenta factores ambientales como la temperatura, la salinidad y el oxígeno para mejorar la variabilidad estacional y la influencia en la distribución de la comunidad de macroalgas.
- Mejorar el análisis del sustrato: Emplear enfoques de mapeo de alta resolución utilizando drones y fotogrametría, lo que permite una mejor comprensión de la pendiente y la rugosidad del sustrato utilizando datos de alta resolución, resultando en una conexión más fuerte de la estructura del sustrato con la diversidad de algas.
- Crear estrategias para la gestión ecológica: Implementar estrategias de vigilancia y conservación para la protección de especies clave y la gestión de áreas tanto de pesca como de turismo.
- Fomentar la educación y concienciación ambiental: Implementar proyectos educativos locales específicos para campañas ambientales que fomenten la participación comunitaria y desalienten actividades destructivas como la recolección incontrolada de algas y conserven el ecosistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allison, G. (2004). THE INFLUENCE OF SPECIES DIVERSITY AND STRESS INTENSITY ON COMMUNITY RESISTANCE AND RESILIENCE. *Ecological Monographs*, 74(1), 117–134. Obtenido de: <https://doi.org/10.1890/02-0681>
- Alvarez, A., Quiroz, N., Rodriguez, D., & Aguilar-Estrada, L. (2019). Algas epífitas en padina durvillei bory y padina crispata thivy (dyctiotaceae, phaeophyceae) en el pacífico tropical mexicano. *Acta Botanica Mexicana*. Obtenido de: <https://doi.org/10.21829/abm127.2020.1594>
- Amamoo, P. A. (2019). Distribution of Macroalgae in the Intertidal Zone of Ghana [Master's Thesis, University of Ghana]. <http://ugspace.ug.edu.gh/handle/123456789/33355>
- Angulo, A., Martínez, F., Torres-Hernández, E., Domínguez, O., & Cortés, J. (2021). Ictiofauna de la zona intermareal rocosa del Área de Conservación Guanacaste, Pacífico Norte de Costa Rica: Diversidad y aspectos ecológicos y biogeográficos. *Revista de Biología Tropical*, 69, 277-296. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v69is2.48320>
- Araujo, O., Solórzano, J. L., Sáenz, M. A. M., Mejía, S. R., González-Rojas, A., & Sandoval, L. T. D. (2024). La vida en la zona intermareal: Adaptaciones en un ecosistema cambiante. *Biología y Sociedad*, 7(13), 48-62. <https://doi.org/10.29105/bys7.13-105>
- Araya, J. F., & Aliaga, J. A. (2018). El Niño invaders: The occurrence of the by-the-wind sailor *Veillella veillella* (Linnaeus, 1758) in the southeastern Pacific. *Spixia*, 14(1), 132. https://www.pfeil-verlag.de/wp-content/uploads/2018/11/SPIX_41_1_17_AR.pdf

- Arriola, F., Aguilar, L. G., Álvarez, L., Ruiz, I., & Rodríguez, D. (2024). Estructura comunitaria de bivalvos (Mollusca: Bivalvia) asociados a macroalgas intermareales de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 95, e955079-e955079. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2024.95.5079>
- Azevedo, A., Sarcinelli, P., & Bernardino, A. (2020). Substrate rugosity and temperature matters: Patterns of benthic diversity at tropical intertidal reefs in the SW Atlantic. *Taylor & Francis PeerJ Life and Environment*, 8, e8289. <https://doi.org/10.7717/peerj.8289>
- Batista, G., Ceballos, J., & Urriola, R. (2018). Atlas de las Macroalgas del Caribe panameño, su autofluorescencia y usos. Gloria Batista de Vega. https://stri.si.edu/sites/default/files/atlas_de_macroalgas_del_caribe_panameno.pdf
- Carbajal, P., Gamarra, A., Arakaki, N., Gill-Kodaka, P., & Ramírez, M. (2019). Guía para el Reconocimiento en Campo de las macroalgas del Callao. Callao, Perú: Instituto del Mar del Perú. Obtenido de: <https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/3406>
- Cárdenas, M., Mora, E., Torres, G., Pérez, J., Bigatti, G., Signorelli, J., & Coronel, J. (2020). Marine invertebrate and seaweed biodiversity of continental coastal Ecuador. *Biodiversity Data Journal*, 8, e53818. <https://doi.org/10.3897/BDJ.8.e53818>
- Cires, E.; Nava, H.; Fernández Prieto, J.A. & Fernández Márquez, M.A. (2017). *Ceramium rubrum*. Herbario Virtual FCO. Departamento de Biología de Organismos y Sistemas, Universidad de Oviedo. Obtenido de: [97](https://herbario.uniovi.es/visu/algas/-/asset_publisher/5RFq/content/ceramium-</p></div><div data-bbox=)

rubrum;jsessionid=C9B0713A53C8A538D9AE772ECA064180?redirect=%2Fvisu%2Falgas#prettyPhoto [28/08/2025].

CONABIO. (2017). Evaluación rápida de invasividad de *Ulva lactuca*. Sistema de información sobre especies invasoras en México. México DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Obtenido de: https://enciclovida.mx/pdfs/exoticas_invasoras/Ulva%20lactuca.pdf

CONABIO. (2017). Evaluación rápida de invasividad de *Caulacanthus ustulatus*. Sistema de información sobre especies invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México DF. Obtenido de: https://enciclovida.mx/pdfs/exoticas_invasoras/Caulacanthus%20ustulatus.pdf

Correia, K., Alford, S., Belgard, B., & Darnell, K. (2022). Drift macroalgal distribution in northern Gulf of Mexico seagrass meadows. *Taylor & Francis PeerJ Life and Environment*, 10, e13855. <https://doi.org/10.7717/peerj.13855>

Costilla, M. (2019). *Estructura y distribución espacial de la comunidad de macroalgas bénticas asociadas a la zona mesolitoral de la plataforma rocosa de la playa caribe, Chuspa, estado Miranda* [Tesis de Posgrado, Universidad Central de Venezuela].

<http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/20410/1/Tesis%20Especial%20de%20Grado.pdf>

Daugbjerg, N., Fassel, N. M. D., & Moestrup, Ø. (2020). Microscopy and phylogeny of *Pyramimonas tatianae* sp. Nov. (Pyramimonadales, Chlorophyta), a scaly quadriflagellate from Golden Horn Bay (eastern Russia) and formal description of Pyramimonadophyceae classis nova. *European Journal of Phycology*, 55(1), 49-63. <https://doi.org/10.1080/09670262.2019.1638524>

- Domínguez Quirumbay, Analia Lourdes (2024). Diversidad de macroalgas en la zona intermareal rocoso de la comuna Ayangué, provincia de Santa Elena. La Libertad. UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias del Mar. 146p. Obtenido de: <https://repositorio.upse.edu.ec/items/dbc9695d-e926-4b4f-b04d-a4b3d8efaa2e>
- Edwin, P., Michel, L.-M., Walter, V., & Rita, S. (2023). Utilización de macroalgas para la inducción de mecanismos defensivos ante agentes fitopatógenos causantes de enfermedades foliares en hortalizas. *Bionatura*, 8(3), 1-10. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.43>
- Espinosa, A. A., Hernández, R. M., & González, M. (2021). Potencial de las macroalgas marinas como bioestimulantes en la producción agrícola de Cuba. *Centro Agrícola*, 48(3), 81-92. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v48n3/0253-5785-cag-48-03-81.pdf>
- Espinoza, C. V., Hernández, E., Gilabert, H., & Ojeda, F. P. (2023). Temporal and spatial dissimilarities in an intertidal fish assemblage in the South Pacific Ocean: The role of the ENSO process and intrinsic habitat conditions in emerging patterns. *Science of The Total Environment*, 872, 162220. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162220>
- Fajardo, N. C., & Cornejo, X. (2020). Una revisión actualizada de las macroalgas marinas del Ecuador continental. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 14(2), Article 2. <https://doi.org/10.53591/cna.v14i2.1307>
- GBIF. (2025). *Colpomenia sinuosa* (Mert. ex Roth) Derbès & Solier. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset. Obtenido de: <https://doi.org/10.15468/39omei>
- GBIF. (2025). *Codium fragile* (Suringar) Har. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset. Obtenido de: <https://doi.org/10.15468/39omei>

- GBIF. (2025). *Ulva lactuca* L. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset. Obtenido de: <https://doi.org/10.15468/39omei>
- GBIF. (2020). *Corallina officinalis* L. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset. Obtenido de: <https://doi.org/10.15468/39omei>
- GBIF. (2025). *Dictyota dichotoma* (Huds.) J.V.Lamour. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset. Obtenido de: <https://doi.org/10.15468/39omei>
- GBIF. (2025). *Jania pedunculata* var. *adhaerens* (J.V.Lamouroux) A.S.Harvey, Woelkerling & Reviere. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset. Obtenido de: <https://doi.org/10.15468/39omei>
- GBIF. (2016). *Acanthophora spicifera* (M.Vahl) Børgesen. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset. Obtenido de: <https://doi.org/10.15468/39omei>
- GBIF. (2025). *Gelidium pusillum* (Stackhouse) Le Jolis. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset. Obtenido de: <https://doi.org/10.15468/39omei>
- GBIF. (2016). *Ceramium virgatum* Roth. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset. Obtenido de: <https://doi.org/10.15468/39omei>
- GBIF. (2025). *Cladophora columbiana* Coll. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset. Obtenido de: <https://doi.org/10.15468/39omei>
- GBIF. (2025). *Bryopsis plumosa* (Huds.) C.Agardh. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset. Obtenido de: <https://doi.org/10.15468/39omei>
- GBIF. (2025). *Hydroclathrus clathratus* (C.Agardh) M.Howe. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset. <https://doi.org/10.15468/39omei>
- GBIF. (2023). *Ectocarpus* Lyngbye, 1819. Gbif.org. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset. Obtenido de: <https://doi.org/10.15468/39omei>
- Gibbons, E. G., & Quijón, P. A. (2023). Macroalgal features and their influence on associated biodiversity: Implications for conservation and restoration. *Frontiers in Marine Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1304000>

- Gohad, N. V., Aldred, N., Hartshorn, C. M., Jong Lee, Y., Cicerone, M. T., Orihuela, B., Clare, A. S., Rittschof, D., & Mount, A. S. (2014). Synergistic roles for lipids and proteins in the permanent adhesive of barnacle larvae. *Nature Communications*, 5(1), 4414. <https://doi.org/10.1038/ncomms5414>
- Gómez, S., Garcia, M., Carballo, Y., & Gil, N. (2017). *Macroalgas bénticas del parque nacional archipiélago los roques venezuela. Guía ilustrada*. Sello Editorial Ediciencias - UCV. Obtenido de: https://www.researchgate.net/publication/377014313_Macroalgas_Benticas_de_l_Parque_Nacional_Archipielago_Los_Roques_Venezuela_Guia_Ilustrada
- González G. (2014). “DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE MACROALGAS EN LAS ZONAS INTERMAREALES ROCOSAS DE LAS COMUNAS MONTAÑITA, LA ENTRADA Y LA RINCONADA, DE NOVIEMBRE 2013, ABRIL 2014, PROVINCIA DE SANTA ELENA”. Obtenido de: <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/1462>
- González, L., Kruk, C., Scarabino, F., Laporta, M., Zabaleta, M., González, L., & Vélez, G. (2017). Comunidades de macroalgas en puntas rocosas de la costa de Rocha, Uruguay. *INNOTECH*, 14, 17-30. <https://www.redalyc.org/journal/6061/606164031002/html/>
- Guiry, M. D., & Guiry, G. M. (2024). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Accessed through: World Register of Marine Species at: <https://www.algaebase.org>
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (2025). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway (taxonomic information republished from AlgaeBase with permission of M.D. Guiry). *Hypnea J.V.Lamouroux, 1813*. Accessed through: World Register of Marine Species at:

<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=144157> on 2025-10-06

Guiry in Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (2017). *Sargassum ecuadorenum* W.R.Taylor 1945. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Obtenido de: https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=26733

Guiry, M.D. Guiry, G.M. (2021) *Cladophora prolifera* (Roth) Kützinger 1843. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Obtenido de: <http://www.algaebase.org>

Guiry, M. (2023). Validation of some class names in use for algae. Notulae Algarum. https://www.phycobank.org/cdm_dataportal/reference/9884b87c-f4d6-4854-8ce5-2c3a9634111c

Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C. F., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta. edición). McGraw-Hill Education.

Herrera, G., Carrión, P., Alvarado, N., Morante, F., Maldonado, A., Caldevilla, P., Briones-Bitar, J., & Berrezueta, E. (2020). Geosites and Georesources to Foster Geotourism in Communities: Case Study of the Santa Elena Peninsula Geopark Project in Ecuador. *Sustainability*, 12(11), 4484. <https://doi.org/10.3390/su12114484>

Horn, K. M., Fournet, M. E., Liautaud, K. A., Morton, L. N., Cyr, A. M., Handley, A. L., ... & Hardy, K. M. (2021). Effects of intertidal position on metabolism and behavior in the acorn barnacle, *Balanus glandula*. *Integrative Organismal Biology*, 3(1), obab010. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8292928/>

- Incera, M., Vázquez, U., Maroto, J., Gómez, J., & Fernández, M. (2011). *Las algas como recurso. Valorización. Aplicaciones industriales y tendencias*. Centro Tecnológico del Mar - Fundación CETMAR. <https://cetmar.org/wp-content/uploads/2022/11/Las-algas-como-recurso.pdf>
- López, I., Martínez-González, L., Pérez-Domínguez, G., Reyes-Guerrero, Y., Núñez-Vázquez, M., & Cabrera-Rodríguez, J. A. (2020). Las algas y sus usos en la agricultura. Una visión actualizada. *Cultivos Tropicales*, 41(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362020000200010&lng=es&nrm=iso&tlng=pt
- Marín, Ó. (2015). Evaluación de la Bioactividad Antibiótica y Antifúngica de los extractos orgánicos de las macroalgas del Género *Ulva* sp. y *Padina* sp. presentes en La playa de Ballenita. La Libertad: Universidad Estatal Pensinsula de Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2133/1/UPSE-TBM-2015-017.pdf>
- Martínez, M., Molina-Vázquez, A., Santiesteban-Romero, B., Reyes-Pardo, H., Villaseñor-Zepeda, K. R., Meléndez-Sánchez, E. R., Araújo, R. G., Sosa-Hernández, J. E., Bilal, M., Iqbal, H. M. N., & Parra-Saldivar, R. (2022). Microalgae assisted green bioremediation of water pollutants rich leachate and source products recovery. *Environmental Pollution*, 306, 119422. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119422>
- Martínez, P., Rivera, F., Jácome, I., Chipe, V., Bolaños, S., Castro, I., & León, E. (2022). *Monitoreo de biodiversidad del intermareal rocoso Reservas Marinas: El Pelado, Bajo Copé y Cantagallo – Machalilla*. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica - Ecuador.

<https://patrimonio.ambiente.gob.ec/iptmae/resource?r=monitoreo-remape-pnm-bc&v=1.0>

Mayakun, K., & Prathep, S. (2023). Distribution and Diversity of Macroalgae in Seagrass and Coral Reef Ecosystems on the Coast. *BIOEDUSCIENCE*, 7(3), 326-332. <https://doi.org/10.22236/jbes/12402>

McCartney, M. A. (2021). Structure, function and parallel evolution of the bivalve byssus, with insights from proteomes and the zebra mussel genome. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 376(1825), 20200155. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0155>

Mera, D. (2022). *Caracterización De La Comunidad De Gasterópodos En La Zona Intermareal Rocosa De La Playa Estero De Plátano* [Tesis de Posgrado, Pontificial Universidad Católica del Ecuador]. <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/391f4d6a-ac48-495c-b885-0a618c48e4f1/content>

Moreno, L. (2022). Identificación de tipos de deslizamientos en la zona de acantilados entre Ancón y Anconcito, Santa Elena, Ecuador. *Manglar*, 19(3), 247-255. <https://doi.org/10.17268/manglar.2022.031>

Moh Moh Khaing, S., Min Tun, M., Khin Gyi, K., & Thuzar Nwe, W. (2021). THE CULTURE STUDIES ON THE FORMATION AND GROWTH OF THE SECONDARY BRANCHES AND REPRODUCTIVE STRUCTURES OF HYPNEA SPINELLA (C. AGARDH) KÜTZING (GIGARTINALES, RHODOPHYTA) FROM SETSE COASTAL AREA . JOURNAL of the MYANMAR ACADEMY of ARTS and SCIENCE, XIX(4B), 333–342. <https://maas.edu.mm>.

<https://www.maas.edu.mm/Research/Admin/pdf/Cover%20&%20Contents%20%20Vol%20.XIX%20No.4B.pdf>

Montes, E., Lefcheck, J. S., Guerra-Castro, E., Klein, E., Kavanaugh, M. T., de Azevedo Mazzuco, A. C., & Muller-Karger, F. E. (2023). OPTIMIZAR EL ESFUERZO DE MUESTREO DE BIODIVERSIDAD A GRAN ESCALA. *Oceanografía*, 34(2), 80-91

Nativí, S., Caiza, R., Saltos, I., Martillo-Bustamante, C., Andrade-García, G., Quiñonez, M., Cervantes, E., & Cedeño, J. (2021). Coastal erosion assessment using remote sensing and computational numerical model. Case of study: Libertador Bolivar, Ecuador. *Ocean & Coastal Management*, 214, 105894. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105894>

Parma, A., Pascual, M., Sar, E., & Plata, L. (1987). *CLAVE PARA EL RECONOCIMIENTO DE LOS GENEROS DE ALGAS MACROFITAS DEL INTERMAREAL ROCOSO BONAERENSE*. Obtenido de: <https://core.ac.uk/download/pdf/132451255.pdf>

Patiño, S. G., Acosta, G., & Ardisson, P. L. (2023). Diversidad de macroalgas bentónicas y su relación con el sustrato en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo. *Revista mexicana de biodiversidad*, 93. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2022.93.3953>

Pereira, L. (2020). Colloid Producing Seaweeds. In *Encyclopedia of Marine Biotechnology* (p. 161326). Obtenido de: <https://doi.org/10.1002/9781119143802.ch8>

Quimi, J., Andrade, E., González, T., & Vera, E. (2023). Macroinvertebrates of the rocky intertidal zone of Capaes and Punta Blanca, Santa Elena province. *Acta*

Oceanográfica del Pacífico, 5(2), 63-85.

<https://doi.org/https://doi.org/10.54140/raop.v5i2.72>

- Quiroz-González, N., Fernández-García, C. y León-Álvarez, D. (2020). Ampliación del ámbito de distribución y primer registro de *Colpomenia tuberculata* (Ectocarpales, Scytosiphonaceae) para Nayarit, México. *Rev. Invest. Mar.*, 40 (1), 86-92. Obtenido de: <https://hdl.handle.net/10669/91397>
- Ramos, E., Guinda, X., Puente, A., De la Hoz, C., & Juanes, J. (2020). Changes in the distribution of intertidal macroalgae along a longitudinal gradient in the northern coast of Spain. *Marine Environmental Research*, 157, 104930. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.104930>
- Ramos, J., Peñaherrera, J., & Ramos, M. (2023). Evaluación de la carcinofauna en el intermareal rocoso de las provincias de Guayas y Santa Elena, Ecuador. *The Biologist*, 21(1), 47-58. <https://doi.org/10.24039/rtb20232111511>
- Romero, J. (2019). Diversidad de flora y fauna asociada a la zona intermareal rocosa de la playa “El Colorado” del distrito de Huacho, 2017. *Big Bang Faustiniiano*, 8, 44-49. <https://doi.org/10.51431/bbf.v8i2.523>
- Sánchez, C., & Torres, G. (2021). Variación espacio-temporal en la composición de macroalgas en la zona intermareal rocosa en Salango, provincia de Manabí, Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 15(1). <https://doi.org/10.53591/cna.v15i1.1321>
- Satjarak, A., Paasch, A. E., Graham, L. E., & Kim, E. (2016). Complete Chloroplast Genome Sequence of Phagomixotrophic Green Alga *Cymbomonas tetramitiformis*. *Genome Announcements*, 4(3), 10-1128. <https://doi.org/10.1128/genomea.00551-16>

- Savage, G., Jones, J. J., Muñoz, J. P., Lewis, C., & Galloway, T. S. (2024). Assessing the chemical landscape of the Galápagos Marine Reserve. *Science of The Total Environment*, 954, 176659. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176659>
- Secretariat (2023). *Hypnea* J.V.F.Lamouroux, 1813. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset. Accessed via GBIF.org on 2025-10-08. Obtenido de: <https://doi.org/10.15468/39omei>
- Shah, Z., Badshah, S. L., Iqbal, A., Shah, Z., Emwas, A.-H., & Jaremko, M. (2022). Investigation of important biochemical compounds from selected freshwater macroalgae and their role in agriculture. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 9(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s40538-021-00273-0>
- Solé, M., & Pardo, P. (2010). Ficoflora marina del sur de la península de macanao, isla de margarita, venezuela.: ii. Rhodophyta. *Acta Botánica Venezuelica*, 33(2), 187–211. Obtenido de: <https://www.researchgate.net/publication/262503029>
- Universidad de Oviedo. (2025). Herbario del Departamento de Biología de Organismos y Sistemas - *Ahnfeltia plicata* - Algas. Uniovi.es. Obtenido de: [https://herbario.uniovi.es/visu/algas/-/asset_publisher/5RFq/content/ahnfeltia-plicata;jsessionid=4FF0FD24B22219FB0F0A23BCEF18CAC7?redirect=%2Fvisu%2Falgas#:~:text=Descripci%C3%B3n&text=Ahnfeltia%20plicata%20\(Huds.\),noreste%20y%20noroeste%20del%20Atl%C3%A1ntico](https://herbario.uniovi.es/visu/algas/-/asset_publisher/5RFq/content/ahnfeltia-plicata;jsessionid=4FF0FD24B22219FB0F0A23BCEF18CAC7?redirect=%2Fvisu%2Falgas#:~:text=Descripci%C3%B3n&text=Ahnfeltia%20plicata%20(Huds.),noreste%20y%20noroeste%20del%20Atl%C3%A1ntico).
- Valverde, P. (2023). Evaluación del potencial nutracéutico de macroalgas marinas, en Salinas Ecuador y otras localidades [Tesis de Posgrado, Universidad Estatal de Milagro]. <https://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/7092/1/VALVERDE%20BALLADARES%20PRISCILA.pdf>

- Vilchis, M. I., Dreckmann, K. M., García, E. A., Hernández, O. E., & Senties, A. (2018). Patrones de distribución de las grandes macroalgas en el golfo de México y el Caribe mexicano: Una contribución a la biología de la conservación. *Revista mexicana de biodiversidad*, 89(1), 183-192.
<https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.1.2226>
- Wells, F. E., Keesing, J. K., Lettoof, D., & Gagnon, M. M. (2025). Molluscan assemblages on intertidal platform reefs demonstrate importance of including multiple locations of similar habitat type in marine protected areas. *Marine Environmental Research*, 209, 107180.
<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2025.107180>
- YIP, Z. T., Z. B. QUEK, R., K. Y. LOW, J., WILSON, B., BAUMAN, A. G., CHOU, L. M., TODD, P. A., & HUANG, D. (2018). Diversity and phylogeny of *Sargassum* (Fucales, Phaeophyceae) in Singapore. *Phytotaxa*, 369(3), 200–210.
<https://doi.org/10.11646/phytotaxa.369.3.3>
- Yokoya, Nair S.; Nauer, Fabio; Oliveira, Mariana C. . (2020). Concise review of the genus *Hypnea* J.V.Lamouroux, 1813. *Journal of Applied Phycology*, (), –.
[doi:10.1007/s10811-020-02209-x](https://doi.org/10.1007/s10811-020-02209-x)

ANEXOS

Anexo 1 *Rugosidad de las playas*

	Media	Mediana	Desviación estándar
San Lorenzo	1,14	1,14	,00
La Barca	1,22	1,22	,00
El Faro	1,08	1,08	,00
La Barca	1,20	1,20	,00