



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

**ANÁLISIS DE COMUNIDADES EPIBIONTICAS
RELACIONADAS CON RESIDUOS SÓLIDOS EN EL
ECOSISTEMA COSTERO URBANO DE SANTA ROSA, SANTA
ELENA.**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

AUTOR:

Robles Tomalá Anthony Isaac

DOCENTE TUTOR:

Blga. María Herminia Cornejo Rodríguez, Ph.D.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2026

UNIVERSIDAD ESTATAL

PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

**ANÁLISIS DE COMUNIDADES EPIBIONTICAS
RELACIONADAS CON RESIDUOS SÓLIDOS EN EL
ECOSISTEMA COSTERO URBANO DE SANTA ROSA, SANTA
ELENA.**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

AUTOR:

Robles Tomalá Anthony Isacc

DOCENTE TUTOR:

Blga. María Herminia Cornejo Rodríguez, Ph.D.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2026

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a mi familia, Moises Robles Murrieta, Fanny Tomalá Beltran, por haberme acompañado durante todo este proceso, aconsejándome, dando el mayor apoyo posible, sin haberme dejando solo en este camino lleno de obstáculos. A mi pareja Kimberly Holguin Holguin, gracias por apoyarme en esta etapa de mi vida y haber sido mi fortaleza desde el primer día y hacerme recordar por qué comencé mi carrera, y el por qué valía la pena seguir intentando las veces que sean necesarias. Dedico también este esfuerzo a la Bióloga María Herminia Cornejo Rodríguez, quien con sus enseñanzas guio mi camino y forjo el tipo de profesional que llegare a ser.

Anthony Isaac Robles Tomalá

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por regalarme salud y fortaleza, por darme la oportunidad de vivir día a día y brindarme de la mejor manera los conocimientos que obtuve.

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Estatal Península de Santa Elena por brindarme la oportunidad de formarme académica y personalmente durante mi trayectoria universitaria.

Agradezco de manera especial a mi tutora, la Bióloga María Herminia Cornejo Rodríguez, por su compromiso, paciencia y valiosa orientación a lo largo del desarrollo de esta investigación. Sus conocimientos y acompañamientos fueron fundamentales para culminar este trabajo con éxito.

Agradezco profundamente el apoyo incondicional de mi familia Moises Robles Murrieta y Fanny Tomalá Beltran por la confianza y el aliento que me brindaron en cada momento, motivándome a perseverar y alcanzar mis metas a pesar de los obstáculos en el camino.

Expreso mi gratitud a mi novia, Kimberly Carla Holguin Holguin, por su compañía, comprensión y constante motivación durante todo este proceso. Su apoyo fue y sigue siendo un pilar importante para superar los desafíos y llegar hasta la culminación de esta etapa académica.

Finalmente, deseo expresar mi gratitud a mis compañeros y amigos Geovanna Galarza Salas y Jorge López Saldarriaga por todos estos años acompañándome, ayudándome y brindarme ánimos cuando más lo necesite sin importar las circunstancias que se nos haya presentado.

Anthony Isaac Robles Tomalá

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo, Robles Tomalá Anthony Isaac, me responsabilizo por los datos y los resultados de mi trabajo de integración curricular.

Por medio de la presente declaro que cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual de este de este trabajo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), según lo establecido por la ley de la propiedad intelectual, reglamento y normativa intelectual vigente.

Atentamente

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Anthony Isaac Robles Tomalá', is written over a horizontal line.

Anthony Isaac Robles Tomalá

C.I: 2450752890

DECLARACION DE DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, "ÁLISIS DE COMUNIDADES EPIBIONTICAS RELACIONADAS CON RESIDUOS SÓLIDOS EN EL ECOSISTEMA COSTERO URBANO DE SANTA ROSA, SANTA ELENA", elaborado por ANTHONY ISAAC ROBLES TOMALÁ estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber avaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



Blga. María Cornejo Rodríguez, Ph.D.

DOCENTE TUTOR

C.I. 0905260881

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **ANTHONY ISAAC ROBLES TOMALÁ**, como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo/a de la Carrera de Biología, de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 11/08/2026



Ing. Jimmy Villén Moreao, M.Sc.
DIRECTOR/A DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Q.F. Mery Ramírez Muñoz, Ph.D.
DOCENTE DE ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blga. María Cornejo Rodríguez, Ph.D.
DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



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

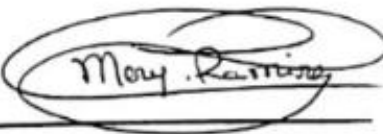


Lcdo. Pascual Roca Silvestre, M.Sc.
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular **“Análisis de comunidades epibionticas relacionadas con residuos sólidos en el ecosistema costero urbano de Santa Rosa, Santa Elena”** elaborado por **Anthony Isaac Robles Tomalá**, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



Q.F. Mery Ramírez Muñoz, Ph.D.
DOCENTE DE ÁREA

INDICE GENERAL

GLOSARIO Y SIMBOLOGÍA.....	18
ABREVIATURAS	20
RESUMEN.....	21
1. INTRODUCCIÓN	23
2. PROBLEMÁTICA.....	25
3. JUSTIFICACIÓN	27
4. OBJETIVOS	29
4.1 OBJETIVO GENERAL:	29
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	29
5. HIPÓTESIS	30
5.1 Hipótesis alternativa	30
6. MARCO TEORICO	31
6.1. Ecosistemas marino-costeros y presión antrópica	31
6.1.1. Ecosistemas marino-costeros.....	31
6.1.2. Características ecológicas de los ecosistemas marino-costeros.....	32
6.1.3. Ecosistemas costeros urbanos.....	33
6.1.4 Impactos de las actividades antrópicas en zonas costeras	34
6.2. Contaminación por residuos sólidos en ambientes marinos.....	35
6.2.1. Definición de residuos sólidos marinos	35

6.2.2. Clasificación de los residuos sólidos marinos	36
6.2.2.1. Plásticos	37
6.2.2.2. Vidrio	38
6.2.2.3. Metales.....	38
6.2.2.4. Textiles.....	38
6.2.2.5. Papel y cartón.....	39
6.2.3. Acumulación de residuos sólidos en playas	39
6.2.4. Impactos ecológicos de los residuos sólidos marinos.....	40
6.3. Organismos epibiontes y procesos de bioincrustación	41
6.3.1. Definición de organismos epibiontes.....	41
6.3.2. Tipos de organismos epibiontes.....	43
6.3.2.1. Epibiontes primarios	43
6.3.2.2. Epibiontes secundarios	43
6.3.3. Principales grupos de organismos epibiontes	44
6.3.3.1. Algas	44
6.3.3.2. Bivalvos	44
6.3.3.3. Cirrípedos.....	45
6.3.3.4. Otros invertebrados.....	45
6.3.4. Bioincrustación o <i>biofouling</i>	46
6.3.5. Factores que influyen en la colonización epibiótica.	46

6.3.5.1 Tipo de sustrato.....	46
6.3.5.2 Condiciones ambientales	47
6.3.5.3 Disponibilidad de nutrientes	47
6.3.6 Importancia ecológica de los organismos epibiontes	49
6.4. Interacción entre residuos sólidos y organismos epibiontes.....	49
6.4.1. Residuos sólidos como sustratos artificiales.....	49
6.4.2. La <i>plastisfera</i> : un nuevo ecosistema marino.....	50
6.4.3. Preferencia de colonización según el tipo de sustrato	51
6.4.4. Dispersión de especies mediante residuos marinos	53
6.4.5. Alteraciones ecológicas asociadas a la colonización de residuos.....	53
7. METODOLOGÍA	56
7.1 Área de estudio	56
7.2 Diseño de Investigación	57
7.3 Muestreo de residuos.....	58
7.4 Muestreo de interacción	60
7.5 Trabajo de Laboratorio	62
7.6 Identificación taxonómica de los organismos epibiontes.....	63
7.6.1 Plataformas digitales especializadas	64
7.7 Análisis ecológico.....	65
7.7.1 Riqueza específica (S)	65

7.7.2	Abundancia relativa (P_i)	66
7.7.3	Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H').....	66
7.7.4	Índice de dominancia de Simpson (D).....	67
7.7.5	Índice de equitatividad de Pielou (J').....	68
7.7.6	Porcentaje de colonización	68
7.8	Análisis estadístico.	69
8.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	71
8.1	Identificación y cuantificación de residuos sólidos.....	71
8.2	Riqueza y composición taxonómica de organismos epibiontes	73
8.2.1	Riqueza taxonómica por grupo.	73
8.2.2	Composición taxonómica.....	75
8.3	Abundancia de organismos epibiontes	82
8.4	Diversidad ecológica de las comunidades epibiontes	83
8.5	Preferencias de colonización	84
8.6	Comparación estadística entre tipos de residuos	86
8.6.1	Asociación entre el tipo de residuo y la presencia de organismos epibiontes	86
9	DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....	87
9.1	DISCUSIÓN.....	87
9.2	CONCLUSIONES.....	92

9.3 RECOMENDACIONES	94
10. BIBLIOGRAFÍA.....	96
ANEXOS.....	103

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Frecuencia de residuos sólidos registrados en la zona costera de Santa Rosa durante el período de estudio	72
Tabla 2. Riqueza taxonómica de los organismos epibiontes registrados en la zona costera de Santa Rosa.....	74
Tabla 3. Abundancia de organismos epibiontes registrados en la zona costera de Santa Rosa.....	82
Tabla 4. Índices de diversidad ecológica de las comunidades epibiontes registradas en la zona costera de Santa Rosa.....	79
Tabla 5. Preferencia de colonización de organismos epibiontes según el tipo de residuo sólido registrado en la zona costera de Santa Rosa.	85

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio.....	56
Figura 2. Esquema de muestreo de residuos sólidos en playas arenosas.	60
Figura 3. Abundancia de residuos sólidos con y sin presencia de organismos epibiontes en la zona costera de Santa Rosa.	73
Figura 4. <i>Ulva lactuca</i> / lechuga de mar	75
Figura 5. <i>Codium</i> sp. lechiga dedos de hombre	76
Figura 6. <i>Acanthophora</i> sp.....	76
Figura 7. <i>Acanthophora spicifera</i>	76
Figura 8. <i>Rhodophyta</i> (no identificada)	77
Figura 9. <i>Grateloupia</i> sp.	77
Figura 10. <i>Caulacanthus ustulatus</i>	77
Figura 11. <i>Gracilaria</i> sp.....	78
Figura 12. <i>Amphipoda</i> sp.	78
Figura 13. <i>Lepas</i> sp.	78
Figura 14. <i>Balanus</i> sp.....	79
Figura 15. <i>Cerithium</i> sp.....	79
Figura 16. <i>Balanus</i> sp.....	79
Figura 17. <i>Conus</i> sp.....	80
Figura 18. <i>Chiton</i> sp.....	80
Figura 19. <i>Crassostrea</i> sp.....	80
Figura 20. <i>Bryozoa</i> sp.	81
Figura 21. <i>Bugula</i> sp.	81

Figura 22. Abundancia relativa (%) de los organismos epibiontes registrados en la zona costera de Santa Rosa.	83
--	----

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados de los índices de diversidad alfa de la comunidad epibiótica asociada a residuos sólidos en la zona costera de Santa Rosa	103
Anexo 2. Resultado de la prueba Chi-cuadrado para evaluar la asociación entre el tipo de residuo sólido y la presencia de organismos epibiontes en la zona costera de Santa Rosa	103
Anexo 3. Composición y frecuencia de residuos sólidos con y sin epibiontes registrados durante el monitoreo complementario realizado en la playa adyacente al área de estudio principal.....	104
Anexo 4. Abundancia de los taxones de organismos epibiontes identificados en tres monitoreos exploratorios (M1, M2 y M3) efectuados en una playa cercana a la zona costera de Santa Rosa.	104
Anexo 5. Prueba de chi cuadrado.....	105
Anexo 6. Acumulación de residuos sólidos en la playa de Santa Rosa	105
Anexo 7. Señalización de zona para monitoreo	105
Anexo 8. Identificación de residuos sólidos y organismos	106
Anexo 9. Identificación de organismos que colonizan los residuos sólidos	106
Anexo 10. Visita y supervisión de tutor durante los monitoreos.	107
Anexo 11. Identificación de residuos sólidos	107
Anexo 12. Evidencia fotográfica de organismos epibiontes observados durante el muestreo en la costa de Santa Rosa.....	108
Anexo 13. Registro de tipos de residuos y organismos epibiontes encontrados por transecto durante los monitoreos.....	108
Anexo 14. Constancia de tutorías.....	111

GLOSARIO Y SIMBOLOGÍA

Abundancia relativa (P_i): Proporción que representa cada taxón respecto al número total de individuos registrados en una comunidad biológica.

Bioincrustación (Biofouling): Proceso mediante el cual organismos acuáticos se adhieren y desarrollan sobre superficies sumergidas naturales o artificiales.

Biodiversidad: Variedad de organismos vivos presentes en un ecosistema, incluyendo su diversidad genética, de especies y de ecosistemas.

Colonización: Proceso de establecimiento y crecimiento de organismos sobre un sustrato disponible.

Comunidad epibiótica: Conjunto de organismos epibiontes que habitan asociados a una misma superficie o sustrato.

Dominancia de Simpson (D): Índice ecológico que mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie.

Epibiosis: Relación ecológica en la que un organismo vive adherido a la superficie de otro organismo o de un sustrato inerte.

Epibionte: Organismo que crece o vive adherido a la superficie de otro organismo o sobre un sustrato artificial o natural.

Equitatividad de Pielou (J'): Índice que evalúa la uniformidad en la distribución de los individuos entre las especies de una comunidad.

Frecuencia: Número de veces que una especie o categoría es registrada dentro de una muestra o área de estudio.

Hábitat artificial: Superficie o estructura creada o modificada por actividades humanas que puede ser utilizada por organismos para su establecimiento.

Índice de Shannon-Wiener (H'): Índice ecológico utilizado para medir la diversidad biológica considerando tanto la riqueza de especies como la abundancia de cada una.

Organismos incrustantes: Organismos que viven fijados permanentemente a superficies sumergidas.

Plastisfera: Comunidad biológica formada por microorganismos, algas e invertebrados que colonizan residuos plásticos en ambientes acuáticos.

Preferencia de colonización: Tendencia de los organismos epibiontes a establecerse con mayor frecuencia sobre determinados tipos de sustratos.

Riqueza específica (S): Número total de especies o taxones presentes en una comunidad biológica.

Sustrato: Superficie física sobre la cual los organismos pueden fijarse, crecer y desarrollarse.

Sustrato artificial: Material de origen antrópico, como plástico, metal, vidrio o tela, que puede servir como superficie de colonización para organismos marinos.

Taxón: Unidad de clasificación biológica que agrupa organismos con características comunes.

ABREVIATURAS

D: Índice de Dominancia de Simpson.

H': Índice de Diversidad de Shannon-Wiener.

J': Índice de Equitatividad de Pielou.

N: Número total de individuos registrados.

Pi: Abundancia relativa de una especie o taxón dentro de la comunidad.

PVC: Policloruro de Vinilo.

S: Riqueza específica o número total de taxones identificados.

α : Nivel de significancia estadística utilizado en las pruebas de hipótesis.

χ^2 : Estadístico de la prueba de Chi-cuadrado.

sp.: Especie no determinada dentro de un género.

spp.: Varias especies pertenecientes a un mismo género.

%: Porcentaje.

m²: Metro cuadrado.

DE: Desviación estándar.

gl: Grados de libertad.

Si tu universidad exige una sección de abreviaturas más completa, también puedes añadir:

OMS: Organización Mundial de la Salud.

UNEP: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (United Nations Environment Programme).

PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis.

RESUMEN

La contaminación por residuos sólidos en los ecosistemas marino-costeros representan una amenaza para los diversos organismos epibiontes, ya que esos residuos pueden convertirse en superficies artificiales que favorecen su fijación. Debido a esto, esta investigación evaluó la relación entre los residuos sólidos y las comunidades epibióticas asociadas con las estructuras duras en la costa de Santa Rosa, en la provincia de Santa Elena, Ecuador. Se utilizó un enfoque cuantitativo, descriptivo y comparativo basado en monitoreos realizados entre febrero y abril del año 2026. Se registraron y clasificaron 1058 residuos sólidos distribuidos en diez categorías diferentes de materiales sólidos, evaluándose la presencia de organismos epibiontes e identificándose 18 taxones pertenecientes a los grupos Rhodophyta, Mollusca, Arthropoda, Chlorophyta y Bryozoa. Se procedió al cálculo de los índices ecológicos y se utilizó una prueba de Chi-cuadrado para determinar si existía relación entre el tipo de residuo y la colonización biológica, observándose que el plástico presente era el residuo más recurrente con un 17,30% del total, mientras que el 31,95% de los residuos mostraban la presencia de organismos epibiontes. La comunidad mostro una diversidad moderadamente alta $H' = 2,627$ y se evidenció una asociación significativa entre el tipo de residuo y la presencia de los epibiontes ($\chi^2 = 30,29$; $p = 0,00039$), concluyendo que los residuos sólidos actúan como hábitats artificiales y que favorecen el asentamiento de las comunidades epibióticas modificando la dinámica ecológica de los ecosistemas costeros.

Palabras clave: comunidades epibióticas; residuos sólidos; sustratos artificiales; diversidad biológica; colonización; ecosistemas marino-costeros; Santa Rosa; Santa Elena.

ABSTRACT

Solid waste pollution in marine-coastal ecosystems poses a threat to various epibiont organisms, as such waste can serve as artificial surfaces facilitating their attachment. Consequently, this study evaluated the relationship between solid waste and epibiont communities associated with hard structures along the coast of Santa Rosa, in the province of Santa Elena, Ecuador. A quantitative, descriptive, and comparative approach was employed, based on monitoring conducted between February and April 2026. A total of 1,058 solid waste items, distributed across ten material categories, were recorded and classified; the presence of epibiont organisms was assessed, identifying 18 taxa belonging to the groups Rhodophyta, Mollusca, Arthropoda, Chlorophyta, and Bryozoa. Ecological indices were calculated, and a Chi-square test was used to determine whether a relationship existed between waste type and biological colonization. Results showed that plastic was the most frequent type of waste (17.30% of the total), while 31.95% of the waste items exhibited the presence of epibiont organisms. The community displayed moderately high diversity ($H' = 2.627$), and a significant association was found between waste type and the presence of epibionts ($\chi^2 = 30.29$; $p = 0.00039$). It is concluded that solid waste acts as an artificial habitat, facilitating the settlement of epibiont communities and altering the ecological dynamics of coastal ecosystems.

Keywords: epibiotic communities; solid waste; artificial substrates; biological diversity; colonization; marine and coastal ecosystems; Santa Rosa; Santa Elena.

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas los sistemas marinos costeros muestran un mayor daño y deterioro en sus ecosistemas debido a la acumulación de desechos sólidos creados por las acciones humanas (Ríos et al., 2018). Dentro de ellos, los materiales plásticos constituyen uno de mayores contaminantes a nivel mundial debido a su lenta degradación, gran flotabilidad y su extensa presencia en zonas costeras (Andrady, 2017), cualidades que facilitan su persistencia en los ambientes marinos costeros, donde pueden funcionar como superficies artificiales que permiten la fijación de varios organismos epibiontes (Amaral - Zettler et al., 2020).

Las comunidades epibióticas están conformadas por las algas, bivalvos, cirrípedos y otros invertebrados que cumplen funciones ecológicas vitales en el ecosistema tales como reciclar nutrientes y modificar las características de los sustratos (Wahl et al., 2012). No obstante, su asentamiento sobre los desechos sólidos puede transformar la dinámica de los ecosistemas, promoviendo la expansión de las especies foráneas y aportando a los mecanismos de bioincrustación en las áreas litorales (Zettler et al., 2013).

El estudio de estas comunidades ligadas a los residuos sólidos antropogénicos permite comprender la interacción entre la contaminación y la biodiversidad marina

especialmente en las áreas donde las actividades como el turismo, la pesca y el desarrollo urbano aumentan la presencia de los desechos sólidos (Rochman et al., 2019). En el Pacífico Sur se han documentado una elevada acumulación de residuos principalmente de los plásticos, quienes son vinculados a las actividades recreativas y urbanas (Bravo et al., 2009) y dentro de Ecuador todavía hay datos escasos respecto a las agrupaciones de epibiontes que habitan dichos elementos dentro de hábitats costeros próximos a los núcleos urbanos.

En este contexto, el ecosistema costero de Santa Rosa, provincia de Santa Elena, representa uno de los lugares de mucho valor para estudiar el vínculo entre los desechos sólidos y las poblaciones de epibiontes. Por tanto, este trabajo tiene como objetivo analizar la relación entre las comunidades epibiéntica y los residuos sólidos de la zona costera de Santa Rosa, mediante la identificación de los tipos de residuos y la evaluación de la diversidad biológica, generando información que contribuya a la promoción de prácticas de gestión ambiental sostenible útil para el manejo y conservación de estos ecosistemas (Gregory, 2009).

2. PROBLEMÁTICA

Los ambientes marinos, se han visto afectados en las últimas décadas, a causa de la llegada de residuos sólidos a las zonas costeras, alcanzando niveles alarmantes de deterioro de estructura y de su dinámica local. Se han evidenciado por diversos estudios que los materiales sólidos actúan como sustratos artificiales donde se fijan y desarrollan organismos epibiontes, que abren paso otras comunidades de epibiontes incrustantes que se consideran como colonizadores secundarios (Zettler, Mincer & Amaral-Zettler, 2013).

Amaral-Zettler et al. (2020), denominan “Plastisfera”, a la formación de un ecosistema sobre la superficie de los plásticos marinos, en el que se identifican ciertos organismos capaces de adaptación en nuevos hábitats. además, analizan el impacto que la contaminación causada por la actividad humana ejerce ante interacciones biológicas. Bajo este contexto, actividades frecuentes e intensas en las zonas costeras como la pesca y el turismo, promueven a la colonización biológica en desechos flotantes y la acumulación en las orillas.

Mediante el actual estudio se identificará la relación entre los epibiontes incrustantes y los residuos sólidos sobre los que se fijan; esto, con un enfoque ecológico del ecosistema urbano costero de Santa Rosa. Según Mincer y Amaral-

Zettler (2013), se conoce que los residuos sólidos forman parte de hábitats artificiales para cierto tipo de especies acuáticas, asociadas a procesos de dispersión y asentamiento. A su vez, Wahl et al. (2012), mencionan que es importante comprender los mecanismos de la bioincrustación y sus implicaciones ecológicas en los sustratos artificiales, conocimiento que contribuye para la regulación de la urbanización, además de, la conservación, manejo de desechos y educación ambiental (Rochman et al., 2019).

En este contexto surge la siguiente pregunta de investigación ¿Existe una asociación entre el tipo de residuo sólido y la presencia de organismos epibiontes en la zona costera de Santa Rosa, provincia de Santa Elena?

3. JUSTIFICACIÓN

Los ecosistemas costeros son entornos de alta productividad biológica y de una gran importancia ecológica, económica y social ya que proporcionan servicios ecosistémicos esenciales, sustentan una elevada biodiversidad y contribuyen a la seguridad alimentaria y al bienestar humano (Food and Agriculture Organization, 2022). Sin embargo, en las últimas décadas se ha habido una creciente presión en estas zonas debido a la enorme a la acumulación de los residuos sólidos producidos por las actividades humanas como la pesca, el turismo, el comercio y el desarrollo urbano. Produciendo especialmente plásticos, los cuales perduran por mucho tiempo en el entorno marino y que pueden modificar la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas costeros (Andrady, 2017).

Los residuos sólidos además de ser una fuente de contaminación pueden servir como los sustratos artificiales para el asentamiento de los organismos epibiontes, favoreciendo los procesos de colonización, dispersión y transporte de las especies a través de los ambientes marinos, la presencia de estas comunidades sobre los materiales antropogénicos modifican las interacciones ecológicas naturales de los organismos y pueden influir en la composición, la abundancia y la diversidad de los organismos asociados (Zettler et al., 2013; Amaral-Zettler et al., 2020).

En este contexto, el análisis de las comunidades epibióticas vinculadas a los desechos sólidos facilitan una mejor comprensión de los efectos ecológicos causados de la contaminación marina, así como el poder identificar patrones de colonización asociados con los distintos tipos de materiales que se encuentran presentes en las playas. Esta información resulta relevante para evaluar la función de los residuos sólidos como los hábitats artificiales y los posibles mecanismos de dispersión biológica, contribuyendo al conocimiento y comprensión de las dinámicas ecológicas que ocurren en los ecosistemas costeros urbanos (Wahl et al., 2012).

La zona costera de Santa Rosa, en la provincia de Santa Elena, constituye un área de interés debido a la influencia simultánea de las actividades pesqueras, turísticas y urbanas propias de la zona, las cuales favorecen la acumulación de los residuos sólidos en el litoral. Por ello, la presente investigación aportará información científica sobre la interacción entre los residuos sólidos y las comunidades epibiótica presentes en este ecosistema, generando así una evidencia útil para el diseño de las estrategias de manejo ambiental, la conservación de la biodiversidad y la reducción de la contaminación marina en zonas costeras.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL:

Analizar la relación entre las comunidades epibiéntica y los residuos sólidos de la zona costera de Santa Rosa, mediante la identificación de los tipos de residuos y la evaluación de la diversidad biológica, generando información que contribuya a la promoción de prácticas de gestión ambiental sostenible.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Identificar y cuantificar los tipos de residuos sólidos presentes en la zona costera de Santa Rosa.
2. Determinar la riqueza, abundancia y diversidad de organismos epibiontes asociados a los diferentes tipos de residuos sólidos encontrados.
3. Comparar la composición, estructura y preferencia de colonización de las comunidades epibiéntica entre los distintos tipos de sustratos artificiales presentes en el área de estudio.

5. HIPÓTESIS

5.1 Hipótesis alternativa

Existen una asociación significativa entre el tipo de residuo sólido y la presencia de organismos epibiontes en la zona costera de Santa Rosa.

6. MARCO TEORICO

6.1. Ecosistemas marino-costeros y presión antrópica

6.1.1. Ecosistemas marino-costeros

Los ecosistemas marino-costeros constituyen una de las zonas de mayor transición entre los ambientes terrestres y marinos, aquí interactúan factores físicos, químicos y biológicos mismo que favorecen una elevada productividad y biodiversidad biológica. En estos ecosistemas se encuentran las playas, los estuarios, los manglares, lagunas costeras, arrecifes de coral y praderas de pastos marinos que desempeñan funciones esenciales para el mantenimiento del equilibrio ecológico y del bienestar humano (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022)

Estos ecosistemas permiten el intercambio continuo de la materia y energía entre los ecosistemas marinos y terrestres (Odum & Barrett, 2005). Además, su ubicación estratégica los convierte en lugares esenciales para la reproducción, alimentación y el refugio de diversidad especies marinas, muchas de las cuales son de importancia ecológica y económica (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

6.1.2. Características ecológicas de los ecosistemas marino-costeros

La heterogeneidad ambiental de los ecosistemas marino-costeros es a causa de la influencia existente de factores oceánicos y terrestres como las mareas, las corrientes oceánicas, la sedimentación, la temperatura o variaciones climáticas influyen de manera directa en la distribución y en la cantidad de los organismos que habitan estos ecosistemas facilitando la circulación de los nutrientes esenciales para el mantenimiento de las redes tróficas y para el funcionamiento ecológico de las comunidades biológicas (Krishna et al., 2023).

Entre las características se encuentran la elevada productividad biológica, la diversidad de hábitats, la conectividad ecológica y la provisión de servicios ecosistémicos. Estos servicios incluyen la producción de alimentos, la regulación climática, la captura y el almacenamiento de carbono, la protección frente a tormentas y erosión costera, la provisión de recursos pesqueros y el mantenimiento de la biodiversidad (Barbier et al., 2011).

Su conservación es fundamental ya que millones de personas dependen directamente de estos recursos y actividades pesqueras para su sustento, tanto el turismo, el transporte marítimo y otras actividades económicas dependen la salud y la funcionalidad de estos ecosistemas (Brown et al., 2006). Además, las áreas como los manglares, arrecifes coralinos y pastos marinos actúan como las barreras

naturales frente a los fenómenos climáticos extremos, reduciendo el impacto de las tormentas, inundaciones y procesos erosivos que se pueden ocasionar sobre las poblaciones costeras (Badawi & Almohammadi, 2026).

Por otra parte, los ecosistemas costeros presentan una gran sensibilidad frente a las perturbaciones ambientales, ya que los pequeños cambios en las condiciones físicas o químicas de una zona pueden generar cambios significativos en la estructura de las comunidades y en la disponibilidad de los recursos para las especies que los habitan (Rocha et al., 2021).

6.1.3. Ecosistemas costeros urbanos

Los ecosistemas costeros urbanos corresponden a las áreas marino-costeras que se encuentran sometidas a una intensa influencia de la actividad humana derivada del crecimiento poblacional, el desarrollo turístico, la expansión urbana y las actividades productivas. Por ello, estas zonas presentan una mayor presión ambiental debido al incremento de los residuos sólidos, las descargas de aguas residuales, la modificación de hábitats naturales y la sobreexplotación de recursos (Baltranaitè et al., 2025).

La transformación de los ambientes costeros naturales en espacios urbanizados genera grandes alteraciones en la estructura ecológica de los ecosistemas, reduciendo su biodiversidad y favoreciendo a los procesos de contaminación que afectan tanto a las especies marinas como a la calidad ambiental de las playas y los cuerpos de agua cercanos (Sustainable Hospitality Alliance, s. f.)

En el caso de Santa Rosa, provincia de Santa Elena, las actividades pesqueras, turísticas y urbanas constituyen factores que pueden contribuir a la acumulación de los residuos sólidos en el ambiente costero, favoreciendo la aparición de sustratos artificiales susceptibles de ser colonizados por organismos epibiontes.

6.1.4 Impactos de las actividades antrópicas en zonas costeras

La actividad humana es una es una amenaza de alto valor en la conservación de los ecosistemas marino-costeros debido a que generan contaminación por residuos sólidos, descarga de contaminantes químicos, sobrepesca, destrucción de hábitats y los efectos derivados del cambio climático (United Nations Environment Programme, 2026)

La acumulación de los residuos sólidos en playas y los ambientes costeros modifica físicamente los hábitats y altera los patrones de distribución de los organismos creando nuevas superficies para la colonización biológica y modifica la composición de las comunidades naturales favoreciendo la dispersión de las especies hacia áreas donde naturalmente no deberían estar presentes (United Nations Environment Programme, 2026). Asimismo, este incremento de la presión antrópica contribuye a la pérdida de biodiversidad y a la disminución de la resiliencia ecológica frente a las perturbaciones ambientales (Baltranaitė et al., 2025).

6.2. Contaminación por residuos sólidos en ambientes marinos

6.2.1. Definición de residuos sólidos marinos

Los residuos sólidos son definidos como cualquier material que sea producido, procesado y desechado en los ambientes marinos y costeros de forma intencional o accidental. Según UNEP (2021), estos desechos pueden surgir de actividades producidas en la tierra, acciones marinas, industriales, pesqueras, turísticas y domésticas, y pueden llegar a los océanos a través de los ríos, escorrentías, corrientes marinas o por disposición directa en el entorno.

El aumento de la generación de residuos sólidos, especialmente de los plásticos, ha generado una acumulación progresiva de basura en las playas, estuarios y en los océanos. Según la UNEP (2021), alrededor del 80% de la contaminación marina es por los residuos sólidos que tienen origen terrestre, y un poco se atribuye a las actividades pesqueras, embarcaciones y transporte marítimo generando gran preocupación debido a su lenta degradación haciendo que permanezca en el entorno durante largos periodos de tiempo y que altere las condiciones ecológicas naturales de las especies.

Además, producen un impacto visual y crean nuevas superficies que pueden ser colonizadas biológicamente. Este fenómeno ha despertado gran interés en las comunidades científicas debido a las implicaciones ecológicas asociadas a la interacción entre los residuos y las comunidades biológicas marinas (Amaral-Zettler et al., 2020).

6.2.2. Clasificación de los residuos sólidos marinos

Los residuos más encontrados en los ambientes costeros se pueden clasificarse según su composición y su origen, entre los más frecuentes se

encuentran los plásticos, vidrio, metales, textiles, caucho, madera procesada, papel y cartón (UNEP, 2021).

6.2.2.1. Plásticos

Los plásticos son el grupo más abundante en los desechos, debido a su alta productividad, bajo coste, capacidad de resistencia y su amplia utilización en actividades domésticas e industriales generando preocupación debido a que puede extenderse en el ambiente durante décadas o incluso siglos (Andrady, 2017).

Con el tiempo tienden a degradarse en partículas más pequeñas denominadas micro plásticos, mismos que pueden ser ingeridos por los diversos organismos marinos generando enfermedades o la muerte actuando como vectores de contaminantes químicos incluso estos favorecen el establecimiento de los microorganismos como las algas e invertebrados, formando comunidades biológicas conocidas como *plastisfera* (Amaral-Zettler et al., 2020).

6.2.2.2. Vidrio

El vidrio es un material inorgánico que presenta una elevada resistencia a la degradación ambiental. Su abundancia es menor que la de los plásticos, pero su permanencia prolongada en los ecosistemas representa un riesgo físico para la fauna marina y los seres humanos y este también puede servir como sustrato para organismos epibiontes cuando permanece durante largos períodos en contacto con el agua marina (Gall & Thompson, 2015).

6.2.2.3. Metales

Los residuos metálicos incluyen las latas, fragmentos de estructuras y diversos objetos de origen industrial o doméstico; estos materiales pueden sufrir procesos de corrosión y liberar sustancias potencialmente tóxicas al ambiente marino, afectando así la calidad del agua y de los organismos asociados (Barboza et al., 2018). Además, actúan como superficies estables para el asentamiento de comunidades incrustantes (Liu et al., 2023).

6.2.2.4. Textiles

Estos residuos incluyen las prendas de vestir, cuerdas, redes de pesca y fibras sintéticas mismos que generan impactos significativos sobre la fauna marina

ya que pueden provocar el enredo o atrapamiento de las especies especialmente por las redes abandonadas que generan un fenómeno conocido como pesca fantasma, mediante el cual continúan capturando organismos aun después de haber sido descartadas (UNEP, 2021).

6.2.2.5. Papel y cartón

El papel y el cartón son desechos que se degradan fácilmente en el ambiente, y que también pueden modificar temporalmente las características físicas del hábitat contribuyendo en los procesos de contaminación cuando se encuentran mezclados con otros desechos (Gall & Thompson, 2015).

6.2.3. Acumulación de residuos sólidos en playas

En general, la acumulación de residuos en las playas está determinada por factores naturales, como las corrientes marinas, los vientos, las mareas y las condiciones geomorfológicas del litoral, que inciden en el transporte, dispersión y depósito de los mismos en diferentes tramos de la costa (Browne et al., 2011; UNEP, 2021).

Estas zonas urbanizadas son las mayores receptoras del material que es arrastrado por los ecosistemas terrestres y océanos (UNEP, 2021). En las costas urbanizadas la acumulación suele ser mayor si se dan actividades como el turismo, la pesca artesanal o el crecimiento demográfico. Así, las playas pueden llegar a ser los lugares de llegada de residuos, lo que facilita que entren en contacto con la comunidad biológica.

En Ecuador, uno de los problemas más comunes en las playas de la costa es la contaminación por residuos sólidos, principalmente plásticos de un solo uso, varios tipos de envases, restos de redes de pesca y materiales de actividades turísticas y pesqueras. En especial, el problema preocupa por los efectos ecológicos que puede sufrir la biodiversidad marina y los ecosistemas costeros.

6.2.4. Impactos ecológicos de los residuos sólidos marinos

La presencia de residuos sólidos genera múltiples impactos sobre los ecosistemas. Uno de los efectos más ampliamente reconocidos es la ingestión accidental de residuos por parte de los organismos marinos, en particular peces, aves, tortugas, mamíferos marinos, etc. Lo que puede causar obstrucciones del aparato digestivo, disminución de la capacidad alimentaria, alteraciones fisiológicas e incluso la muerte de los organismos afectados (Gall & Thompson, 2015).

Además, el enredo de fauna de la mar en las redes, cuerdas y demás sintéticos supone un gran impacto en especies, ya que se pone de manifiesto limitando la movilidad de los organismos, frenando su alimentación y aumentando las posibilidades de ser cazados, de sufrir las vías de adaptación a las opciones ambientales adversas (UNEP, 2021).

Desde la ecológica esto modifica las propiedades físicas de los hábitats costeros y favorecen la dispersión de los organismos mediante los procesos de transporte pasivo (rafting), incrementando el riesgo de introducción de especies invasoras y de alteraciones en la biodiversidad local (Amaral-Zettler et al., 2020).

6.3. Organismos epibiontes y procesos de bioincrustación

6.3.1. Definición de organismos epibiontes

Los organismos epibiontes son aquellos asociados a la superficie de otros organismos vivos, o a sustratos inertes como rocas, sin penetrar sus tejidos, lo que determina esta relación ecológica como una forma de epibiosis (la interacción epibióntica se encuentra extendida y es frecuente en ecosistemas acuáticos, sobre todo en medios marinos). El organismo que sirve como soporte se denomina

basibionte cuando es un organismo vivo o como sustratos de fijación (rocas, conchas, sustratos sólidos, etcétera) (Wahl, 2009).

La epibiosis se presenta como una estrategia ecológica que permiten a la mayoría de los organismos aprovechar los recursos disponibles en el medio que les rodea, favorecer su supervivencia, alimentación o reproducción y las comunidades epibióticas contribuyen al aumento de la complejidad estructural de los ecosistemas marinos y la generación de microhábitats que fomentan la biodiversidad (Dobretsov et al., 2023).

Los organismos epibiontes tienen funciones ecológicas importantes en el ámbito de los ecosistemas costeros, relacionadas con la producción primaria, reciclados de nutrientes y regulación de comunidades biológicas y, además, su presencia altera las características de los sustratos sobre los cuales se fijan, alterando procesos ecológicos como sucesión biológica o competencia interespecífica.

6.3.2. Tipos de organismos epibiontes

6.3.2.1. Epibiontes primarios

Los epibiontes primarios corresponden a aquellos que son los principales en colonizar una superficie disponible. Normalmente están formados por bacterias, diatomeas, cianobacterias y microalgas, los cuales suelen formar películas microbianas o biofilms sobre los sustratos sumergidos (Dang & Lovell, 2016). Por su parte, las comunidades microbianas modifican las propiedades químicas y físicas de las superficies que colonizan, favoreciendo la colonización de los sustratos por organismos de mayor complejidad, dando inicio a los procesos de sucesión ecológica vinculados a la bioincrustación marina.

6.3.2.2. Epibiontes secundarios

Los epibiontes secundarios hacen referencia a organismos de mayor tamaño que colonizan los sustratos una vez formados las biopelículas iniciales, que integran algas macroscópicas, moluscos, cirrípedos, briozoos, poliquetos, esponjas y otros invertebrados marinos (Wahl, 2009). La existencia de estos organismos incrementa la complejidad estructural de las comunidades epibióticas y facilitan el establecimiento de nuevas especies a través de procesos de facilitación ecológica.

6.3.3. Principales grupos de organismos epibiontes

6.3.3.1. Algas

Las algas (algae) suponen uno de los grupos más representativos de las comunidades epibióticas existentes en medio marino, ya que tanto microalgas como macroalgas inciden de manera activa en la producción primaria y en la producción de biomasa de los ecosistemas costeros y contribuyen a formar hábitats y refugios y alimentos a otras muchas formas de vida, estas suelen encontrarse adheridas a superficies, tanto naturales como artificiales, como rocas, barcos, infraestructuras portuarias e incluso residuos sólidos del medio marino (Dobretsov et al., 2023).

6.3.3.2. Bivalvos

Los bivalvos son unos organismos filtradores muy importantes e incluyen especies como mejillones, ostras, almejas... Su capacidad para fijarse en las diferentes superficies por medio de estructuras especializadas permite que los bivalvos colonizar una gran variedad de sustratos, estos no solo forman densas agregaciones, sino que además contribuyen a mejorar la calidad del agua a través de la filtración y a los ciclos de nutrientes en los ecosistemas marinos (Seed & Suchanek, 1992).

6.3.3.3. Cirrípedos

Los cirrípedos se conocen como percebes o bellotas de los mares, son crustáceos sésiles cuya especialización en la colonización de superficies sumergidas es extrema. Bajo estas condiciones son capaces de asentamiento y crecimiento muy rápidos, siendo por esta propiedad considerados como organismos dominantes en los procesos de bioincrustación marina y se encuentran frecuentemente colonizando estructuras artificiales, embarcaciones, muelles o residuos sólidos que se encuentran en contacto durante tiempos prolongados con el agua de mar (Chan et al., 2021).

6.3.3.4. Otros invertebrados

Las comunidades epibióticas presentan también grupos de briozoos, ascidias, poliquetos y esponjas. Estos organismos contribuyen de una manera muy importante a la diversidad biológica y a la complejidad estructural de las comunidades del medio marino, participando en procesos ecológicos, como la filtración, el reciclado de nutrientes y la posibilidad de refugio para otras especies (Fitridge et al., 2012).

6.3.4. Bioincrustación o *biofouling*

La bioincrustación o *biofouling*, constituye el proceso de colonización biológica que acontece sobre las superficies sumergidas en ambientes acuáticos. Este proceso arranca con la formación de una película orgánica, que se origina a partir de la materia en disolución en el agua, seguido por la colonización de microorganismos que componen la biopelícula microbiana. Después se desarrolla la colonización de los organismos macroscópicos, el caso de las algas, moluscos, cirrípedos o bien de organismos invertebrados (Fitridge et al., 2012).

6.3.5. Factores que influyen en la colonización epibiótica.

6.3.5.1 Tipo de sustrato

Las propiedades físicas y químicas del sustrato afectan directamente la capacidad de colonización de los organismos epibiontes, ya que condicionan el asentamiento, crecimiento o permanencia de estas especies. Por ejemplo, la rugosidad de la superficie favorecería la inicial adhesión de larvas o esporas y/o microorganismos al presentar una mayor superficie de contacto o mayor protección frente al desprendimiento causado por el oleaje (Oberbeckmann et al., 2016).

De manera análoga, la composición química del material puede inducir o limitar la formación de biopelículas microbianas que a la vez serían la primera de las fases de la sucesión ecológica y permitirían el asentamiento posterior de organismos de mayores tamaños. También la estabilidad estructural y el tiempo de permanencia en el entorno del sustrato favorecerían el asentamiento de comunidades biológicas más complejas y diversas, permitiendo la consolidación de los procesos de sucesión ecológica en el tiempo (Oberbeckmann et al., 2016).

6.3.5.2 Condiciones ambientales

La temperatura, la salinidad, el oxígeno disuelto, la luz y la química del agua forman las variables ambientales que controlan el éxito en la distribución y abundancia de los epibiontes. Estas condiciones también regulan a su vez en los procesos fisiológicos de reproducción, crecimiento, desarrollo y supervivencia de las especies que colonizadoras (Dang & Lovell 2016).

6.3.5.3 Disponibilidad de nutrientes

La disponibilidad de nutrientes es un factor importante para el desarrollo de las comunidades epibióticas porque regula la productividad primaria y favorece el establecimiento de los organismos que colonizan sus sustratos. Nutrientes como el

nitrógeno (N), el fósforo (P), el silicio (Si), el carbono orgánico disuelto y varios micronutrientes como el hierro (Fe) son algunos de los nutrientes necesarios para el crecimiento de bacterias, diatomeas, cianobacterias y microalgas ya que todos ellos desarrollan biopelículas en las superficies de los sustratos que modifican las características físicas y químicas de las unidades sustrato, dando lugar posteriormente a que colonicen los invertebrados, las macroalgas y los epibiontes (Dang & Lovell, 2016).

En los ecosistemas costeros alterados por la actividad humana, las aportaciones de nutrientes a partir de vertidos de aguas residuales, escorrentía agrícola, acuicultura y ríos aumentan la productividad del sistema y aceleran la colonización de biopelículas en los sustratos. Esto se traduce en una mayor colonización, pero también se modifica la composición, la abundancia y la estructura de las comunidades epibiontes, y pueden llegar incluso a favorecer el predominio de especies oportunistas y alterar los procesos de sucesión natural (Dang & Lovell, 2016).

6.3.6 Importancia ecológica de los organismos epibiontes

Los organismos epibiontes son piezas clave en la estructura de los ecosistemas marinos por su implicancia en un sinnúmero de procesos ecológicos y funciones, entre los que destacan la producción primaria, el reciclado de nutrientes, la filtración del agua y la creación de microhábitats que permiten el establecimiento, resguardo y alimentación de un montón de especies marinas (Wahl, 2009).

Además, las comunidades epibióticas pueden considerarse como bioindicadores de cambios en el medio ambiente, ya que reaccionan de manera relativamente rápida a los cambios en factores como la temperatura, la salinidad, la contaminación y la disponibilidad de nutrientes, eligiendo de modo adecuado el estado ecológico del medio ambiente (Oberbeckmann & Labrenz, 2020; UNEP, 2021).

6.4. Interacción entre residuos sólidos y organismos epibiontes

6.4.1. Residuos sólidos como sustratos artificiales

La adición de materiales residuales sólidos a un entorno como el marino-costero ha creado nuevas superficies disponibles para el asentamiento de los organismos epibiontes. Estos residuos se comportan como un sustrato artificial que

puede ser colonizados por los microorganismos, las algas, los invertebrados y todo tipo de organismos bentónicos, alterando así los patrones de asentamiento biológico y colonización (Amaral-Zettler et al., 2020).

Los residuos plásticos constituyen los sustratos artificiales más abundantes debido a su elevada resistencia a la degradación y prolongada permanencia en el ambiente marino y poseen características especiales relacionadas con su composición química, su rugosidad superficial, su flotabilidad y su resistencia a la degradación. Estas propiedades alteran directamente la capacidad de colonización por parte de los organismos epibiontes y la composición de las comunidades que se desarrollan sobre estos sustratos (Oberbeckmann et al., 2016).

Como consecuencia, los residuos sólidos han pasado de ser considerados únicamente contaminantes a constituir elementos capaces de modificar procesos ecológicos fundamentales en los ecosistemas marinos (Kiessling et al., 2015).

6.4.2. La *plastisfera*: un nuevo ecosistema marino

La *plastisfera*; nombre que fue acuñado para referirse a la comunidad biológica que se forma en las superficies plásticas de los cuerpos de agua (Zettler

et al., 2013), está compuesta por microorganismos, bacterias, diatomeas, microalgas, hongos e invertebrados capaces de colonizar materiales plásticos que oscilan entre ser flotantes o sumergidos. Estas comunidades albergan características ecológicas específicas que las hacen distinguir de las asociadas a sustratos naturales. La composición de dicha *plastisfera* dependerá de múltiples factores tales como el tipo de plástico, la antigüedad del residuo, las condiciones medioambientales y la localización geográfica (Amaral-Zettler et al., 2020).

Los organismos que conforman estas comunidades transforman los residuos en microhábitats que brindan refugio, alimento o superficies de reproducción para muchas especies marinas, facilitando el establecimiento de comunidades epibióticas complejas (Kiessling et al., 2015). Por ello, la *plastisfera* se considera en la actualidad una nueva frontera de estudio en ecología marina, concretamente en biodiversidad, en dispersión de organismos o contaminación ambiental (Liu, Y., et al. 2022).

6.4.3. Preferencia de colonización según el tipo de sustrato

La colonización de organismos epibiontes no tiene lugar de forma azarosa, sino que depende de las propiedades fisicoquímicas de los sustratos existentes, la

rugosidad superficial, la estabilidad estructural, la composición química y el grado de degradación son factores que determinan de forma significativa las habilidades de asentamiento de las especies colonizadoras (Dobretsov et al., 2023).

Los materiales con superficies rugosas presentan índices de colonización más elevados en el ambiente favorecen a desarrollar biopelículas más complejas, de esta forma agenciando la llegada de los organismos secundarios e incrementando la diversidad biológica asociada. En particular, los plásticos presentan una elevada capacidad de colonización debido a su abundancia y persistencia, aunque la intensidad de este proceso puede variar según el tipo de polímero y las condiciones ambientales (Oberbeckmann et al., 2016; Amaral-Zettler et al., 2020).

La evaluación de la preferencia de colonización constituye uno de los aspectos más importantes en estudios ecológicos relacionados con residuos sólidos, ya que permite identificar cuáles materiales presentan mayor potencial para actuar como hábitats artificiales y modificar la estructura de las comunidades biológicas costeras.

6.4.4. Dispersión de especies mediante residuos marinos

Los desechos flotantes no solo constituyen sustratos de colonización, sino que pueden actuar como medios de transporte para los organismos marinos. Esto se conoce como rafting, fenómeno que se produce cuando organismos adheridos a los materiales flotantes son transportados por corrientes oceánicas a nuevas áreas de distribución geográfica (Kiessling et al. 2015).

Este mecanismo facilita la dispersión de microorganismos, algas e invertebrados a grandes distancias, incrementando el riesgo de introducción de especies no nativas y alterando la composición de las comunidades locales mediante procesos de competencia, desplazamiento y modificación de las redes tróficas (Kiessling et al., 2015; Amaral-Zettler et al., 2020). Así mismo, el transporte de organismos potencialmente patógenos asociados a residuos sólidos constituye un factor de riesgo adicional para la salud de los ecosistemas marinos y para las actividades económicas dependientes de estos ambientes.

6.4.5. Alteraciones ecológicas asociadas a la colonización de residuos

La interacción entre los residuos sólidos y los organismos epibiontes conlleva diferentes cambios en la dinámica ecológica de los ecosistemas marinos,

como el hecho de que la adición de nuevos sustratos artificiales hace que varíen los patrones de distribución de especies naturales e incluso favorecer el crecimiento de organismos oportunistas que son capaces de colonizar muy rápidamente las superficies disponibles (Amaral-Zettler et al., 2020).

Por encima de ello, las comunidades epibióticas sobre los residuos sólidos también alteran procesos ecológicos asociados a la competencia, sucesión biológica y disponibilidad de hábitats, ya que en algunos casos los materiales pueden llegar a incrementar temporalmente la diversidad local al proporcionar nuevas superficies para la colonización, pero a la larga también pueden contribuir a la modificación de las comunidades naturales y a la pérdida del equilibrio ecológico (Kiessling et al., 2015).

Un aspecto adicional pero no menos importante es el que tiene que ver con el cambio en las propiedades físicas de los residuos tras pasados a ellos por su colonización. En efecto, el crecimiento de los organismos sobre los materiales puede transformar su flotabilidad, pero también puede facilitar que los residuos se hundan, cambiando los patrones de transporte y agregación en el medio marino (Oberbeckmann et al., 2016).

Por lo tanto, el estudio de las comunidades epibiontes asociadas a residuos sólidos permite estudiar los efectos ecológicos de la contaminación marina, pero a la vez proporciona información interesante para el diseño de estrategias de conservación y de manejo sostenible de los ecosistemas costeros.

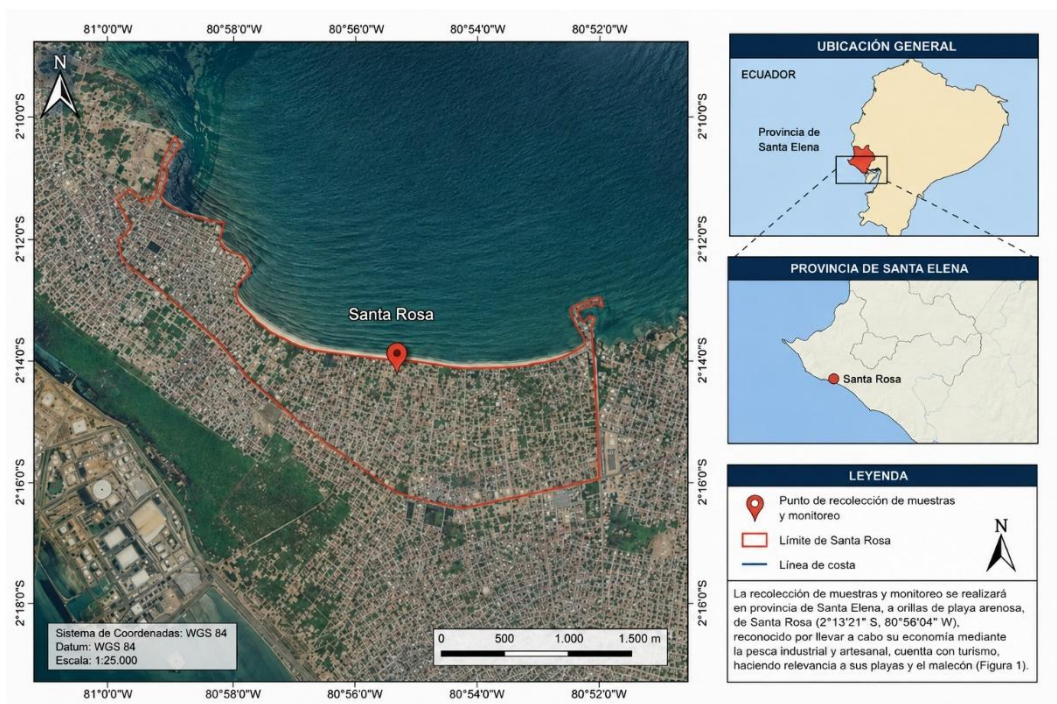
7. METODOLOGÍA

7.1 Área de estudio

La investigación se desarrolló en la zona costera de Santa Rosa, ubicada en la provincia de Santa Elena, Ecuador con las coordenadas geográficas $2^{\circ}13'21''$ S y $80^{\circ}56'04''$ W. Esta localidad se caracteriza por presentar una playa arenosa sometida a una importante influencia antrópica debido al desarrollo de las actividades pesqueras artesanales e industriales, así como al turismo costero. Estas actividades contribuyen a la generación y la acumulación de los residuos sólidos en el ecosistema marino-costero, convirtiéndolo en un sitio adecuado para el estudio de la interacción entre residuos sólidos y organismos epibiontes (Figura 1).

Figura 1.

Localización del área de estudio



Nota. El mapa muestra la delimitación del área de estudio y el punto de recolección de muestras y monitoreo en la zona costera de Santa Rosa, Santa Elena, Ecuador.

7.2 Diseño de Investigación

La investigación se desarrolló bajo de enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo-comparativo, observacional y transversal orientado a caracterizar los residuos sólidos presentes en la zona costera de Santa Rosa y evaluar las comunidades de organismos epibiontes asociadas a estos sustratos artificiales. El estudio se realizó mediante observación directa, recolección sistemática de datos en campo y posterior identificación y cuantificación de los organismos epibiontes en laboratorio.

El muestreo se efectuó durante los meses de febrero, marzo y abril de 2026, completándose 13 jornadas de monitoreo realizadas durante períodos de marea baja. En cada jornada se mantuvo el mismo diseño de muestreo, constituido por seis transectos perpendiculares a la línea de costa y seis estaciones distribuidas a lo largo del gradiente intermareal. Los residuos registrados fueron clasificados según el tipo de material y la presencia o ausencia de organismos epibiontes, siguiendo los lineamientos metodológicos adaptados del programa de ciencia ciudadana “Científicos de la Basura”.

La información obtenida durante las 13 jornadas fue registrada en matrices de datos elaboradas en Microsoft Excel, en las que se consignó el tipo de residuo, número de residuos encontrados, presencia o ausencia de epibiontes, taxón

identificado y abundancia de organismos. Esta información constituyó la base para los análisis descriptivos, ecológicos y estadísticos posteriores.

7.3 Muestreo de residuos

El muestreo se realizó en la zona costera de Santa Rosa, provincia de Santa Elena, Ecuador. El sitio fue seleccionado por corresponder a una playa de uso recreativo y pesquero sometida a influencia antrópica, con presencia de residuos sólidos derivados de actividades turísticas, pesqueras y urbanas, características que permitieron evaluar la presencia de estos materiales y su interacción con organismos epibiontes.

El área de muestreo comprendió la franja costera ubicada entre la línea de bajamar y la zona superior de la playa con presencia de vegetación o infraestructura costera. Para la recolección de datos se adaptó la metodología propuesta por Gallardo et al. (2021), estableciéndose seis transectos perpendiculares a la línea de costa, separados entre sí por una distancia de 4 m.

En cada uno de los seis transectos se establecieron seis estaciones de muestreo, representadas por cuadrantes de $1,5 \times 1,5$ m, distribuidos desde la zona próxima a la lámina de agua hasta la parte superior de la playa. De esta manera, en cada jornada se evaluaron 36 unidades de muestreo (6 transectos $\times$ 6 estaciones),

manteniéndose el mismo diseño durante las 13 jornadas realizadas entre febrero y abril de 2026.

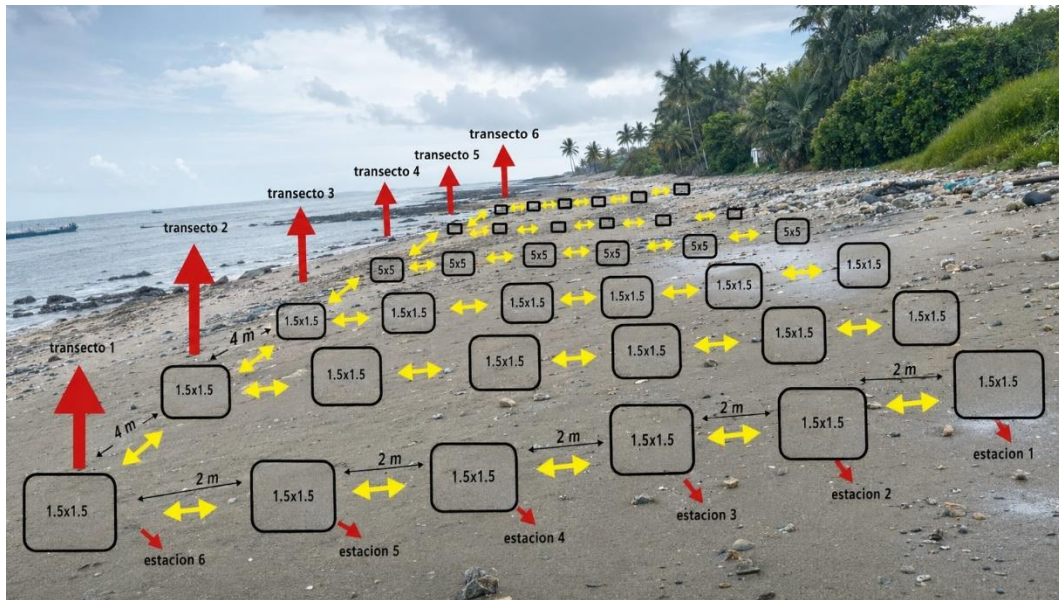
La estación 2 correspondió a la línea de marea alta, siguiendo las recomendaciones metodológicas de la NOAA (2013). Las estaciones 1, 2 y 3 se localizaron en el sector de arena seca, mientras que las estaciones 4, 5 y 6 se ubicaron en el sector de arena húmeda (Figura 2). Esta distribución permitió abarcar diferentes condiciones dentro del gradiente intermareal.

En cada cuadrante se realizó una inspección visual sistemática de la superficie para localizar los residuos sólidos presentes. Cada residuo fue contabilizado individualmente y registrado según su tipo de material. Posteriormente, se determinó la presencia o ausencia de organismos epibiontes asociados. Los residuos colonizados fueron procesados de acuerdo con el procedimiento descrito en el apartado.

El procedimiento se repitió durante las 13 jornadas de monitoreo, efectuadas en períodos de marea baja. En total, se evaluaron 468 unidades de muestreo, correspondientes a 36 unidades por jornada ($6 \text{ transectos} \times 6 \text{ estaciones}$) durante las 13 jornadas. Los registros obtenidos fueron incorporados en una matriz de datos para su posterior clasificación, cuantificación y análisis.

Figura 2.

Esquema de muestreo de residuos sólidos en playas arenosas.



Nota: Adaptado del protocolo de “Científicos de la Basura” (2025). Elaborado por: Robles Anthony.

7.4 Muestreo de interacción

Durante cada jornada de muestreo, los residuos sólidos con un tamaño mayor a 2,5 cm encontrados dentro de las unidades de muestreo fueron registrados siguiendo el protocolo adaptado de Gallardo et al. (2021). Cada residuo fue contabilizado individualmente y clasificado según el tipo de material, considerando las categorías establecidas para el estudio: plástico, foam, metales, vidrio, tela, cabo, nylon, caucho, fibra y PVC.

Posteriormente, cada residuo fue examinado visualmente para determinar la presencia o ausencia de organismos epibiontes adheridos a su superficie. Esta

información fue registrada de manera individual en la matriz de datos, relacionando el tipo de residuo con su condición de colonización (con epibiontes o sin epibiontes). Este registro permitió posteriormente determinar la frecuencia de residuos colonizados y calcular el porcentaje de colonización para cada categoría de material.

En los residuos que presentaron colonización biológica se registraron los organismos epibiontes asociados, manteniendo la correspondencia entre el tipo de residuo y los organismos encontrados sobre este. Esta información permitió elaborar una matriz de asociación entre los taxones identificados y las diferentes categorías de residuos, la cual se presenta en los anexos como información complementaria del estudio.

Los residuos con organismos epibiontes fueron colocados individualmente en recipientes plásticos previamente identificados, con el propósito de conservar la correspondencia entre la muestra y su respectivo registro de campo, así como evitar la pérdida o mezcla de los organismos asociados. Posteriormente, las muestras fueron conservadas en hieleras para su traslado al laboratorio, siguiendo el procedimiento adaptado de Rech et al. (2018), donde se realizó la cuantificación e identificación taxonómica de los organismos.

7.5 Trabajo de Laboratorio

Una vez trasladadas al laboratorio, las muestras correspondientes a residuos con presencia de organismos epibiontes fueron procesadas individualmente, manteniendo su identificación según el tipo de material registrado durante el muestreo de campo. Este procedimiento permitió conservar la correspondencia entre cada residuo y los organismos asociados a su superficie.

Los residuos fueron examinados mediante observación directa y, cuando el tamaño o las características morfológicas de los organismos lo requirieron, se utilizó una lupa estereoscópica para facilitar su reconocimiento. Las muestras fueron manipuladas cuidadosamente con el propósito de observar las estructuras externas de los organismos adheridos y evitar su deterioro durante el proceso de análisis.

Posteriormente, se realizó el conteo directo de los organismos epibiontes, registrando el número de individuos observados y el tipo de residuo sobre el cual fueron encontrados. Los datos obtenidos fueron incorporados en una matriz de registro, manteniendo la asociación entre jornada de muestreo, tipo de residuo, organismo identificado y número de individuos. Esta información fue utilizada posteriormente para determinar la abundancia y composición de la comunidad

epibióntica y para elaborar la matriz de organismos asociados a cada categoría de residuo presentada en los anexos.

Los organismos fueron fotografiados utilizando una cámara Nikon P950, con el fin de disponer de un registro visual que apoyara el proceso de identificación. La determinación taxonómica se realizó hasta el nivel más preciso posible de acuerdo con las características morfológicas observables y la disponibilidad de información taxonómica, siguiendo el procedimiento descrito en el apartado

7.6 Identificación taxonómica de los organismos epibiontes

La identificación taxonómica de los organismos epibiontes se realizó mediante la observación de caracteres morfológicos externos, considerando la forma corporal, estructuras de fijación, ornamentación de las conchas, segmentación, coloración y otros rasgos diagnósticos según el grupo taxonómico. Cuando fue necesario, se utilizaron equipos de aumento para facilitar la observación de estas características.

La determinación taxonómica se realizó mediante claves de identificación, guías especializadas y literatura científica, incluyendo Murguía Romero et al. (2021) y la Guía para la identificación de fauna marina en monitoreos ciudadanos del Ministerio del Medio Ambiente de Chile (2021). La nomenclatura científica fue verificada mediante el World Register of Marine Species (WoRMS) y, de forma

complementaria, se consultó OBIS para contrastar la distribución geográfica de los taxones.

Los organismos fueron identificados hasta el nivel taxonómico permitido por los caracteres morfológicos observables. Cuando estos no fueron suficientes para una identificación confiable a nivel de especie, la determinación se mantuvo a nivel de género (sp.) o en una categoría taxonómica superior. Entre las principales limitaciones se consideraron el estado de conservación, el tamaño de los organismos y la dificultad para observar determinados caracteres diagnósticos. No se realizaron análisis moleculares para confirmar las identificaciones.

7.6.1 Plataformas digitales especializadas

World Register of Marine Species (WoRMS): será utilizado para verificar la nomenclatura científica, la clasificación taxonómica y la sinonimia de las especies registradas durante el estudio, garantizando el uso de nombres válidos y actualizados.

Ocean Biodiversity Information System (OBIS): servirá como fuente complementaria para consultar la distribución geográfica de especies marinas y corroborar su presencia en el Pacífico Oriental Tropical.

7.7 Análisis ecológico

Para caracterizar la estructura de la comunidad epibiéntica asociada a los residuos sólidos, se calcularon los índices de riqueza específica (S), abundancia relativa (Pi), diversidad de Shannon-Wiener (H'), dominancia de Simpson (D) y equitatividad de Pielou (J'). Los cálculos se realizaron a partir de la matriz de abundancia de los taxones identificados durante las 13 jornadas de muestreo y fueron procesados mediante Microsoft Excel y el software PAST versión 4.03 (Hammer et al., 2001).

Adicionalmente, para evaluar la colonización según el tipo de material, se calculó el porcentaje de colonización, relacionando el número de residuos que presentaron organismos epibiontes con el número total de residuos registrados para cada categoría de material.

7.7.1 Riqueza específica (S)

La riqueza específica corresponde al número total de especies registradas en una muestra o comunidad, constituyendo una medida simple de biodiversidad (Shannon & Weaver, 1949).

Fórmula:

$$S = \text{Número total de especies}$$

Donde:

S = riqueza específica.

7.7.2 Abundancia relativa (Pi)

La abundancia relativa expresa la proporción de individuos de una especie respecto al total de individuos registrados en la muestra (Simpson, 1949).

Fórmula:

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

Donde:

Pi = abundancia relativa de la especie *i*.

ni = número de individuos de la especie *i*.

N = número total de individuos de todas las especies.

7.7.3 Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H')

Este índice mide la diversidad de especies considerando simultáneamente la riqueza y la abundancia relativa de cada especie. Valores altos indican comunidades más diversas (Shannon & Weaver, 1949).

Fórmula:

$$H = \sum p_i \times \ln p_i$$

Donde:

H' = índice de diversidad de Shannon-Wiener.

P_i = proporción de individuos de la especie *i*.

S = número total de especies.

7.7.4 Índice de dominancia de Simpson (D)

Evalúa la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie. Valores elevados indican mayor dominancia de una o pocas especies (Simpson, 1949).

Fórmula:

$$D = 1 - \left(\frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)} \right)$$

Donde:

D = índice de dominancia de Simpson.

P_i = proporción de individuos de la especie *i*.

7.7.5 Índice de equitatividad de Pielou (J')

Mide el grado de uniformidad en la distribución de los individuos entre las especies presentes. Sus valores oscilan entre 0 y 1, donde valores cercanos a 1 indican una distribución más homogénea (Pielou, 1966).

Fórmula:

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

Donde:

J' = índice de equitatividad de Pielou.

H' = índice de diversidad de Shannon-Wiener.

S = riqueza específica.

7.7.6 Porcentaje de colonización

Para determinar la preferencia de colonización de los organismos epibiontes sobre los distintos tipos de residuos sólidos se calculará el porcentaje de colonización mediante la siguiente expresión:

Los resultados obtenidos permitirán comparar la riqueza, abundancia, diversidad y nivel de colonización de las comunidades epibiéntica asociadas a los diferentes tipos de residuos sólidos presentes en la zona costera de Santa Rosa.

Fórmula:

$$\text{Porcentaje de colonización (\%)} = \frac{N \text{ de residuos con epibiontes}}{N \text{ total de residuos evaluados}} \times 100$$

7.8 Análisis estadístico.

Los datos obtenidos durante las jornadas de muestreo fueron organizados y tabulados en Microsoft Excel y posteriormente analizados mediante el software PAST versión 4.03. Se elaboraron tablas de frecuencia y gráficos descriptivos para representar la distribución de los residuos sólidos y la composición de las comunidades epibióticas asociadas.

Para determinar si existía asociación entre el tipo de residuo sólido y la presencia de organismos epibiontes, se aplicó una prueba Chi-cuadrado de Pearson para independencia (χ^2). Para este análisis se construyó una tabla de contingencia de 10×2 , conformada por diez categorías de residuos (plástico, foam, metales, vidrio, tela, cabo, nylon, caucho, fibra y PVC) y dos condiciones de colonización: con presencia de epibiontes y sin presencia de epibiontes.

La tabla de contingencia se construyó a partir de las frecuencias observadas para cada combinación de las variables. Las frecuencias esperadas se calcularon considerando los totales marginales de cada fila y columna, y se verificó el cumplimiento de los supuestos de aplicación de la prueba, comprobando que ninguna frecuencia esperada fuera inferior a 1 y que no más del 20 % de las celdas presentaran frecuencias esperadas menores de 5.

La hipótesis nula (H_0) estableció que la presencia de organismos epibiontes era independiente del tipo de residuo sólido, mientras que la hipótesis alternativa (H_1) estableció la existencia de una asociación entre ambas variables. Se utilizó un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$; por lo tanto, valores de $p < 0,05$ fueron considerados indicativos de una asociación estadísticamente significativa entre el tipo de residuo y la presencia de organismos epibiontes.

8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

8.1 Identificación y cuantificación de residuos sólidos

Se identificaron y cuantificaron los residuos sólidos presente en la zona costera de Santa Rosa, se registraron todos los residuos encontrados en el momento de realizar los monitoreos de campo. Estos fueron agrupados en función de su tipo de material y la presencia o no de organismos epibiontes. Con esta información, se determinó la frecuencia de aparición de cada tipo de residuo y su importancia relativa en la zona de estudio.

Durante el período de estudio se contabilizaron 1058 residuos sólidos, distribuidos en diez categorías de materiales. Los residuos plásticos constituyeron la categoría predominante (17,30 %), seguidos por el vidrio (13,42 %) y la tela (11,15 %), concentrando conjuntamente más del 40 % de los residuos registrados. En contraste, el PVC (6,24 %), la fibra (6,99 %) y el nylon (7,56 %) fueron las categorías menos representadas (tabla 1).

En términos generales, la composición de los residuos evidenció un predominio de materiales de larga persistencia ambiental mientras que los residuos asociados

principalmente a actividades pesqueras, como el nylon, los cabos y las fibras, tuvieron una menor representación dentro del total registrado (Tabla 1).

Tabla 1.

Frecuencia de residuos sólidos registrados en la zona costera de Santa Rosa durante el período de estudio

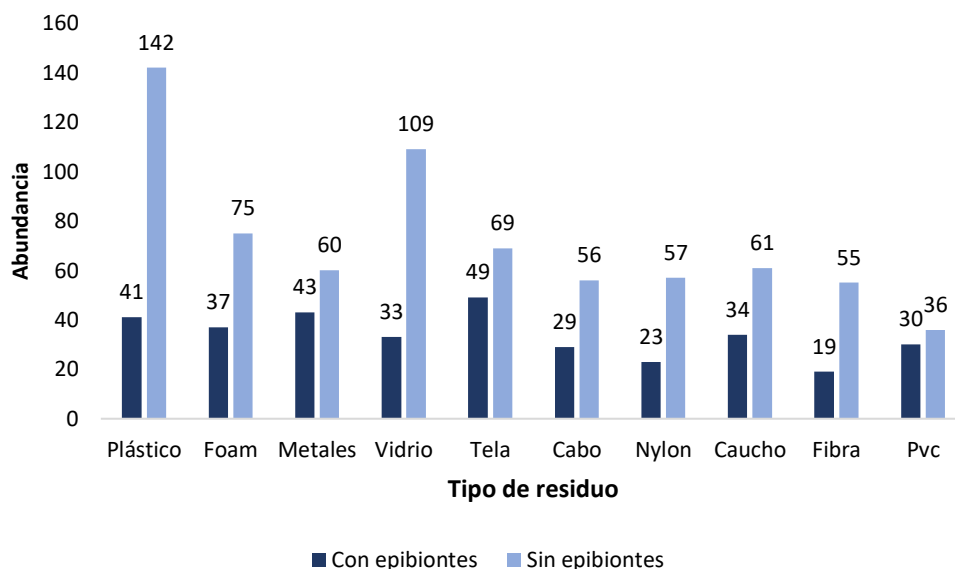
Tipo de residuo	Con epibiontes	Sin epibiontes	Total	Porcentaje
Plástico	41	142	183	17,30
Espuma (Foam)	37	75	112	10,59
Metales	43	60	103	9,74
Vidrio	33	109	142	13,42
Tela	49	69	118	11,15
Cabo	29	56	85	8,03
Nylon	23	57	80	7,56
Caucho	34	61	95	8,98
Fibra	19	55	74	6,99
PVC	30	36	66	6,24
TOTAL	338	720	1058	100,00

Nota. Se registraron un total de 1058 residuos sólidos clasificados según la presencia o ausencia de organismos epibiontes.

Respecto a la colonización biológica 338 residuos, es decir el 31,95% presentaron organismos epibiontes, mientras que 720 (68,05 %) no evidenciaron colonización. La Figura 3 evidencia que los residuos plásticos concentraron el mayor número absoluto de elementos colonizados y no colonizados, debido a que también constituyeron la categoría más abundante. Asimismo, la tela, el foam y los metales presentaron una mayor frecuencia absoluta de residuos colonizados, mientras que el PVC y la fibra registraron las menores frecuencias.

Figura 3.

Abundancia de residuos sólidos con y sin presencia de organismos epibiontes en la zona costera de Santa Rosa.



Nota. muestra la cantidad de residuos sólidos registrados por tipo de material (plástico, foam, metales, vidrio, tela, cabo, nylon, caucho, fibra y PVC), diferenciando aquellos que presentaron organismos epibiontes de aquellos que no evidenciaron colonización biológica.

8.2 Riqueza y composición taxonómica de organismos epibiontes

8.2.1 Riqueza taxonómica por grupo.

Con la finalidad de lograr una caracterización de la composición biológica de las comunidades epibiéntica asociadas a los residuos sólidos de la zona costera de Santa Rosa, los organismos identificados fueron agrupados en función de su pertenencia taxonómica. La riqueza taxonómica se evaluó a partir del número de taxones determinados por cada grupo biológico, analizando así la representatividad de los principales componentes de la comunidad epibiéntica.

Se determinaron 18 taxones, que se distribuyeron en cinco grupos biológicos. Las Rhodophyta constituyeron el grupo con mayor riqueza taxonómica, al reunir seis taxones (33,3 %), seguidas por Mollusca, con cinco taxones (27,8 %). En conjunto, ambos grupos representaron más del 60 % de la riqueza taxonómica registrada, evidenciando su predominio dentro de la comunidad epibiótica (tabla 2).

En contraste, Arthropoda presentó tres taxones (16,7 %), mientras que Chlorophyta y Bryozoa registraron dos taxones cada uno (11,1 %), constituyendo los grupos con menor riqueza taxonómica en el área de estudio.

Tabla 2.

Riqueza taxonómica de los organismos epibiontes registrados en la zona costera de Santa Rosa.

Grupo	Taxones identificados	Número de taxones
Chlorophyta	<i>Codium sp.</i> , <i>Ulva lactuca</i>	2
Rhodophyta	<i>Acanthophora sp.</i> , <i>Gracilaria sp.</i> , <i>Caulacanthus ustulatus</i> , <i>Grateloupia sp.</i> , <i>Acanthophora spicifera</i> , <i>Rhodophyta (no ident.)</i>	6
Arthropoda	<i>Amphipoda sp.</i> , <i>Lepas sp.</i> , <i>Balanus sp.</i>	3
Mollusca	<i>Turbo sp.</i> , <i>Cerithium sp.</i> , <i>Crassostrea sp.</i> , <i>Chiton sp.</i> , <i>Conus sp.</i>	5
Bryozoa	<i>Bryozoa sp.</i> , <i>Bugula sp.</i>	2
Total		18

Nota. La riqueza taxonómica corresponde al número de taxones identificados dentro de cada grupo biológico registrado sobre residuos sólidos presentes en la zona costera de Santa Rosa. Fuente: elaboración propia.

8.2.2 Composición taxonómica

Con el objetivo de reconocer la diversidad de organismos epibiontes presentes en los residuos sólidos de la zona costera investigada en Santa Rosa, se llevó a cabo la identificación taxonómica de los organismos epibiontes.

8.2.2.1 Taxonomía de los organismos encontrados

Dentro del reino Plantae se identificaron ocho taxones pertenecientes a las divisiones Chlorophyta y Rhodophyta. La división Rhodophyta presentó la mayor riqueza taxonómica, representada por seis taxones (*Rhodophyta* no identificada, *Acanthophora* sp., *Acanthophora spicifera*, *Caulacanthus ustulatus*, *Grateloupia* sp. y *Gracilaria* sp.), mientras que Chlorophyta estuvo representada por *Ulva lactuca* y *Codium* sp. (Figura 4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21)

Ulva lactuca

Dominio: Eukaryota

Reino: Plantae

División: Chlorophyta

Clase: Ulvophyceae

Orden: Ulvales

Familia: Ulvaceae

Género: *Ulva*

Especie: *Ulva lactuca*

Figura 4.
Ulva lactuca/ lechuga de mar



Nota. Elaboración propia. Obtenido por Robles Anthony

Codium sp.

Dominio: Eukaryota

Reino: Plantae

División: Chlorophyta

Clase: Ulvophyceae

Orden: Bryopsidales

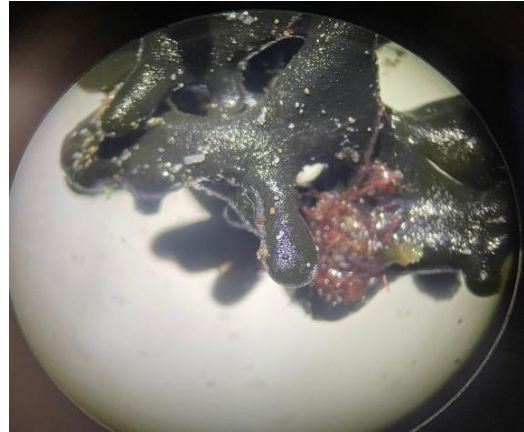
Familia: Codiaceae

Género: *Codium*

Especie: *Codium sp.*

Figura 5.

Codium sp. lechiga dedos de hombre



Nota. Elaboración propia. Obtenido por Robles Anthony

Acanthophora sp.

Dominio: Eukaryota

Reino: Plantae

División: Rhodophyta

Clase: Florideophyceae

Orden: Ceramiales

Familia: Rhodomelaceae

Género: *Acanthophora*

Especie: *Acanthophora sp*

Figura 6.

Acanthophora sp.



Nota. Elaboración propia. Obtenido por Robles Anthony

Acanthophora spicifera

Dominio: Eukaryota

Reino: Plantae

División: Rhodophyta

Clase: Florideophyceae

Orden: Ceramiales

Familia: Rhodomelaceae

Género: *Acanthophora*

Especie: *Acanthophora
spicifera*

Figura 7.

Acanthophora spicifera



Nota. Elaboración propia. Obtenido por Robles Anthony

Rhodophyta (no identificada)

Dominio: Eukaryota

Reino: Plantae

División: Rhodophyta

Clase: Florideophyceae

Orden: No determinado

Familia: No determinada

Género: No determinado

Especie: No determinada

Figura 8.

Rhodophyta (no identificada)



Nota. Elaboración propia. Obtenido por Robles Anthony

Caulacanthus ustulatus

Dominio: Eukaryota

Reino: Plantae

División: Rhodophyta

Clase: Florideophyceae

Orden: Gigartinales

Familia: Caulacanthaceae

Género: Caulacanthus

Especie: *Caulacanthus
ustulatus*

Figura 9.

Caulacanthus ustulatus



Nota. Elaboración propia. Obtenido por Robles Anthony

Grateloupia sp.

Dominio: Eukaryota

Reino: Plantae

División: Rhodophyta

Clase: Florideophyceae

Orden: Halymeniales

Familia: Halymeniaceae

Género: Grateloupia

Especie: *Grateloupia sp*

Figura 10.

Grateloupia sp



Nota. Elaboración propia. Obtenido por Robles Anthony

Gracilaria sp.

Dominio: Eukaryota

Reino: Plantae

División: Rhodophyta

Clase: Floride ophyceae

Orden: Gracilariales

Familia: Gracilariaceae

Género: Gracilaria

Especie: *Gracilaria sp*

Figura 11.
Gracilaria sp



Nota. Elaboración propia. Obtenido por Robles Anthony

Amphipoda sp.

Dominio: Eukaryota

Reino: Animalia

División: Arthropoda

Clase: Malacost raca

Orden: Amphipoda

Familia: Gammaridae

Género: No determinado

Especie: *Gammarus sp*

Figura 12.
Amphipoda sp.



Nota. Elaboración propia. Obtenido por Robles Anthony

Lepas sp.

Dominio: Eukaryota

Reino: Animalia

División: Arthropoda

Clase: Hexanauplia

Orden: Scalpelliformes

Familia: Lepadidae

Género: Lepas

Especie: *Lepas sp*

Figura 13.
Lepas sp.



Nota. Elaboración propia. Obtenido por Robles Anthony

Balanus sp.

Dominio: Eukaryota

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Clase: Hexanauplia

Orden: Sessilia

Familia: Balanidae

Género: *Balanus*

Especie: *Balanus sp.*

Figura 14.

Balanus sp.



Nota. Elaboración propia. Obtenido por Robles Anthony

Turbo sp.

Dominio: Eukaryota

Reino: Animalia

División: Mollusca

Clase: Gastropoda

Orden: Trochida

Familia: Turbinidae

Género: *Turbo*

Especie: *Turbo sp*

Figura 15.

Balanus sp.



Nota. Elaboración propia. Obtenido por Robles Anthony

Cerithium sp.

Dominio: Eukaryota

Reino: Animalia

División: Mollusca

Clase: Gastropoda

Orden: Cerithiida

Familia: Cerithiidae

Género: *Cerithium*

Especie: *Cerithium sp*

Figura 16.

Cerithium sp



Nota. Elaboración propia. Obtenido por Robles Anthony

Conus sp.

Dominio: Eukaryota

Reino: Animalia

División: Mollusca

Clase: Gastropoda

Orden: Neogastropoda

Familia: Conidae

Género: Conus

Especie: *Conus sp*

Figura 17.

Conus sp.



Nota. Elaboración propia. Obtenido por Robles Anthony

Chiton sp.

Dominio: Eukaryota

Reino: Animalia

División: Mollusca

Clase: Polyplacophora

Orden: Chitonida

Familia: Chitonidae

Género: Chiton

Especie: *Chiton sp*

Figura 18.

Chiton sp.



Nota. Elaboración propia. Obtenido por Robles Anthony

Crassostrea sp.

Dominio: Eukaryota

Reino: Animalia

División: Mollusca

Clase: Bivalvia

Orden: Ostreida

Familia: Ostreidae

Género: Crassostrea

Especie: *Crassostrea sp*

Figura 19.

Crassostrea sp.



Nota. Elaboración propia. Obtenido por Robles Anthony

Bryozoa sp.

Dominio: Eukaryota

Reino: Animalia

División: Bryozoa

Clase: Gymnolaemata

Orden: Cheilostomatida

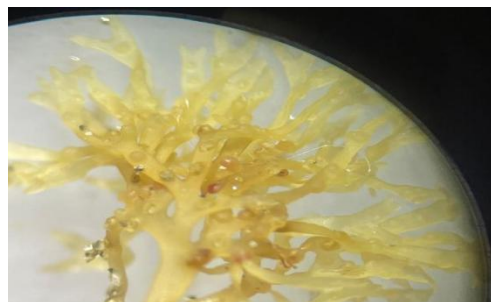
Familia: No determinada

Género: No determinado

Especie: No determinada

Figura 20.

Bryozoa sp.



Nota. Elaboración propia. Obtenido por Robles Anthony

Bugula sp.

Dominio: Eukaryota

Reino: Animalia

División: Bryozoa

Clase: Gymnolaemata

Orden: Cheilostomatida

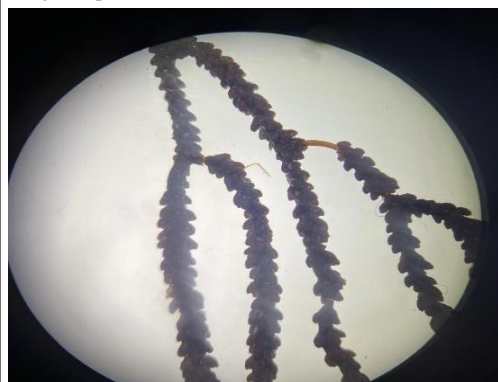
Familia: Bugulidae

Género: Bugula

Especie: *Bugula sp*

Figura 21.

Bugula sp.



Nota. Elaboración propia. Obtenido por Robles Anthony

Se identificaron un total de 18 taxones de epibiontes asociados a los residuos sólidos registrados en la zona costera de Santa Rosa. Estos pertenecieron al dominio Eukaryota y se distribuyeron en los reinos Plantae y Animalia. El reino Animalia estuvo representado por 10 taxones, agrupados en los filos Mollusca, Arthropoda y Bryozoa. Entre ellos, Mollusca fue el filo con mayor riqueza taxonómica, con cinco taxones identificados, seguido por Arthropoda con tres y Bryozoa con dos taxones.

8.3 Abundancia de organismos epibiontes

La abundancia se determinó mediante el conteo directo de los individuos registrados obteniendo un total de 857 organismos epibiontes, distribuidos en 18 taxones. *Amphipoda* sp. fue el taxón más abundante, con 110 individuos (12,84%), seguido por *Turbo* sp. (11,32%), *Balanus* sp. (10,04%) y *Cerithium* sp. (9,22%). En conjunto, estos taxones representaron más del 43 % de la abundancia total. En contraste, *Conus* sp. (0,23%), *Rhodophyta* no identificada (0,82%), *Bugula* sp. (1,05 %) y *Acanthophora spicifera* (1,28%) (Tabla 3).

Tabla 3.

Abundancia de organismos epibiontes registrados en la zona costera de Santa Rosa

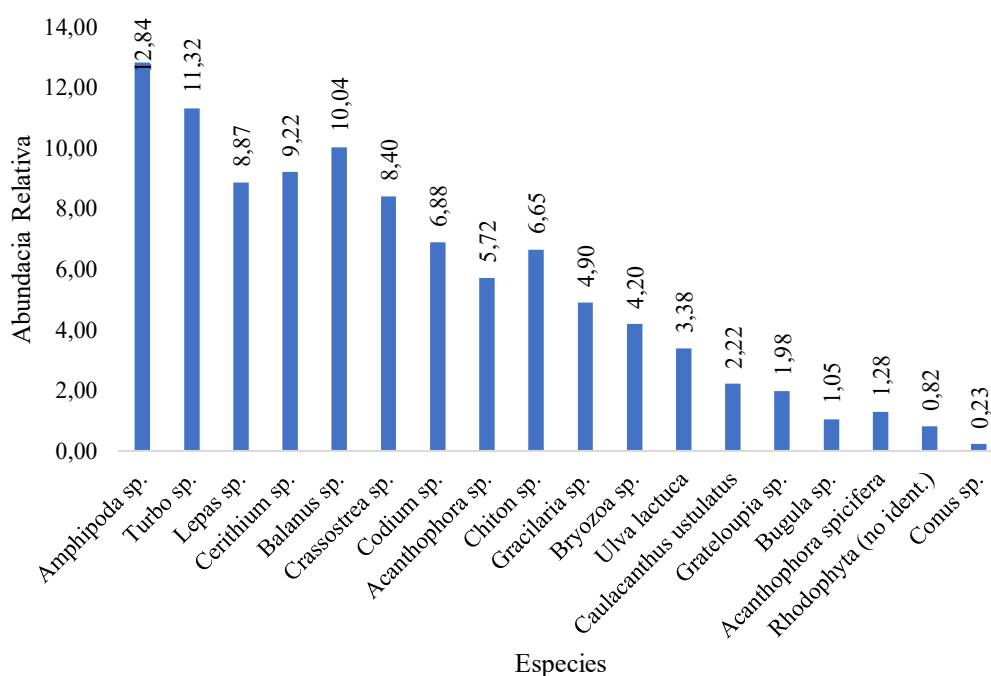
Taxón identificado	Nº individuos	Pi	Abundancia relativa (%)
<i>Amphipoda</i> sp.	110	0,12835	12,84%
<i>Turbo</i> sp.	97	0,11319	11,32%
<i>Lepas</i> sp.	76	0,08868	8,87%
<i>Cerithium</i> sp.	79	0,09218	9,22%
<i>Balanus</i> sp.	86	0,10035	10,04%
<i>Crassostrea</i> sp.	72	0,08401	8,40%
<i>Codium</i> sp.	59	0,06884	6,88%
<i>Acanthophora</i> sp.	49	0,05718	5,72%
<i>Chiton</i> sp.	57	0,06651	6,65%
<i>Gracilaria</i> sp.	42	0,04901	4,90%
<i>Bryozoa</i> sp.	36	0,04201	4,20%
<i>Ulva lactuca</i>	29	0,03384	3,38%
<i>Caulacanthus ustulatus</i>	19	0,02217	2,22%
<i>Grateloupia</i> sp.	17	0,01984	1,98%
<i>Bugula</i> sp.	9	0,01050	1,05%
<i>Acanthophora spicifera</i>	11	0,01284	1,28%
<i>Rhodophyta</i> (no ident.)	7	0,00817	0,82%
<i>Conus</i> sp.	2	0,00233	0,23%
TOTAL	857	1,0000	100%

Nota. La abundancia relativa (%) se calculó a partir de la proporción de individuos de cada taxón respecto al total de organismos registrados (N = 857).

La Figura 22 muestra la distribución de la abundancia relativa de los organismos epibiontes registrados en la zona costera de Santa Rosa. Se observa un patrón decreciente desde los taxones con mayor abundancia hacia aquellos con menor representación, evidenciando una comunidad dominada por un reducido número de taxones y un mayor número de especies con abundancias moderadas o bajas.

Figura 22.

Abundancia relativa (%) de los organismos epibiontes registrados en la zona costera de Santa Rosa.



Nota. El gráfico muestra la abundancia relativa de los taxones epibiontes identificados sobre residuos sólidos en la zona costera de Santa Rosa, expresada como porcentaje del total de individuos registrados (N = 857)

8.4 Diversidad ecológica de las comunidades epibiontes

Con el propósito de evaluar la estructura ecológica de las comunidades epibiontes asociadas a los residuos sólidos presentes en la zona costera de Santa

Rosa, se calcularon los índices de riqueza específica (S), diversidad de Shannon-Wiener (H'), dominancia de Simpson (D) y equitatividad de Pielou (J').

La comunidad epibiótica registró una riqueza específica de 18 taxones y un total de 857 individuos. El índice de Shannon-Wiener ($H' = 2,627$) indicó una diversidad moderadamente alta, el índice de dominancia de Simpson ($D = 0,0818$) evidenció una baja dominancia de taxones y la equitatividad de Pielou ($J' = 0,9087$) mostró una distribución relativamente uniforme de los individuos entre los taxones registrados.

Tabla 4.

Índices de diversidad ecológica de las comunidades epibiontes registradas en la zona costera de Santa Rosa.

Índice ecológico	Valor
Riqueza específica (S)	18
Número de individuos (N)	857
Dominancia de Simpson (D)	0,0818
Diversidad de Simpson (1-D)	0,9182
Diversidad de Shannon-Wiener (H')	2,627
Equitatividad de Pielou (J')	0,9087

Nota. S = riqueza específica; N = número total de individuos; H' = índice de diversidad de Shannon-Wiener; D = índice de dominancia de Simpson; 1-D = índice de diversidad de Simpson; J' = índice de equitatividad de Pielou. Fuente: elaboración propia a partir de los datos analizados en PAST 4.3.

8.5 Preferencias de colonización

Con el objetivo de evaluar la preferencia de colonización de los organismos epibiontes según el tipo de residuo sólido, se calculó el porcentaje de colonización

de cada material, relacionando el número de residuos con presencia de epibiontes respecto al total de residuos registrados para cada categoría.

Los datos de la Tabla 5 muestran que el PVC presentó el mayor porcentaje de colonización (45,45 %), seguido de los metales (41,75 %) y la tela (41,53 %), mientras que el plástico (22,40 %) y el vidrio (23,24 %) registraron los menores porcentajes de colonización.

Tabla 5.

Preferencia de colonización de organismos epibiontes según el tipo de residuo sólido registrado en la zona costera de Santa Rosa.

Tipo de residuo	Total, encontrados	Con epibiontes	Colonización (%)
Plástico	183	41	22,40
Foam	112	37	33,04
Metales	103	43	41,75
Vidrio	142	33	23,24
Tela	118	49	41,53
Cabo	85	29	34,12
Nylon	80	23	28,75
Caucho	95	34	35,79
Fibra	74	19	25,68
PVC	66	30	45,45
Total	1058	338	31,95

Nota. El porcentaje de colonización se calculó mediante la fórmula: Colonización (%) = (Número de residuos con epibiontes / Total de residuos encontrados) × 100. Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, de los 1058 residuos sólidos registrados, 338 presentaron organismos epibiontes, lo que correspondió a una colonización global del 31,95 %.

8.6 Comparación estadística entre tipos de residuos

8.6.1 Asociación entre el tipo de residuo y la presencia de organismos epibiontes

Con el objetivo de evaluar la asociación entre el tipo de residuo sólido y la presencia de organismos epibiontes, se aplicó una prueba de independencia Chi-cuadrado (χ^2) utilizando las frecuencias observadas de residuos con y sin epibiontes para cada categoría de material

8.7.2 Comparación entre sustratos

La prueba de Chi-cuadrado evidenció una asociación estadísticamente significativa entre el tipo de residuo sólido y la presencia de organismos epibiontes ($\chi^2 = 30,29$; $gl = 9$; $p = 0,00039$). Debido a que el valor de p fue inferior al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$), se rechazó la hipótesis nula de independencia, indicando que la presencia de organismos epibiontes estuvo asociada significativamente al tipo de residuo sólido.

Los mayores porcentajes de colonización se registraron en residuos de PVC con 45,45 %, los metales con 41,75 % y tela con 41,53 %, mientras que el plástico registro un total de 22,40 % y el vidrio un 23,24 % presentando los menores porcentajes de colonización.

9 DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

9.1 DISCUSIÓN

Thushari y Senevirathna, (2020) señalan que los residuos sólidos de origen antrópico son especialmente los plásticos y constituyen uno de los principales contaminantes de los ecosistemas marino-costeros a escala mundial, debido a su elevada producción, su resistencia a la degradación y la capacidad de dispersión mediante las corrientes y mareas. Asimismo, Kiessling et al. (2015) indican que la acumulación de estos residuos incrementa la disponibilidad de los sustratos artificiales en el medio marino, favoreciendo el asentamiento de los organismos epibiontes y modificando la estructura de las comunidades biológicas. En concordancia con estos antecedentes, en la zona costera de Santa Rosa se registraron 1058 residuos sólidos, entre los cuales predominó el plástico con un 17,30 %, seguido del vidrio, la tela, el foam, los metales y el caucho. Este patrón evidencia una importante presencia de materiales asociados a las actividades humanas en el área de estudio.

Kiessling et al. (2015) señalan que los residuos marinos no solo representan una fuente de contaminación, sino que también funcionan como los hábitats artificiales capaces de albergar microorganismos, algas e invertebrados marinos. De igual manera, De-la-Torre et al. (2023) destacan que la colonización de estos residuos por organismos bentónicos constituye un proceso ecológico de creciente

interés debido a su influencia sobre la dispersión de las especies y la modificación de los ecosistemas costeros. Estos planteamientos coinciden con los resultados obtenidos en la presente investigación, donde el 31,95% de los residuos presentó organismos epibiontes, indicando que aproximadamente uno de cada tres residuos actuó como un sustrato para el asentamiento y la colonización de organismos marinos.

La literatura indica que las comunidades epibióticas asociadas a residuos marinos suelen estar conformadas por una amplia variedad de macroalgas, moluscos, crustáceos y briozoos (Kiessling et al., 2015). En la presente investigación se identificaron 18 taxones distribuidos en cinco grupos biológicos los cuales son Rhodophyta, Mollusca, Arthropoda, Chlorophyta y Bryozoa, siendo Rhodophyta el grupo con mayor riqueza taxonómica, seguido de Mollusca y Arthropoda. Estos resultados coinciden con lo reportado por Kiessling et al. (2015) y sugieren que los residuos sólidos presentes en la zona costera de Santa Rosa proporcionan sustratos adecuados para el establecimiento de una comunidad epibiótica taxonómicamente diversa.

Kiessling et al. (2015) señalan que los crustáceos, moluscos y briozoos se encuentran entre los organismos que con mayor frecuencia colonizan los residuos

marinos, debido a su capacidad para establecerse sobre los sustratos artificiales. En concordancia con estos antecedentes, en la presente investigación *Amphipoda* sp. fue el taxón más abundante, seguido de *Turbo* sp., *Balanus* sp. y *Cerithium* sp. La elevada abundancia de anfípodos y moluscos podría estar relacionada con el refugio, la disponibilidad de alimento y la protección que estos residuos ofrecen frente al oleaje. Asimismo, la presencia de *Balanus* sp. y *Lepas* sp., organismos sésiles característicos de sustratos duros, sugiere que algunos residuos permanecieron el tiempo suficiente en el ambiente marino para permitir procesos de fijación y colonización.

Los índices ecológicos obtenidos evidenciaron que la comunidad epibióntica asociada a los residuos sólidos presentó una estructura relativamente diversa y equilibrada. El índice de diversidad de Shannon-Wiener ($H' = 2,627$), la baja dominancia registrada por el índice de Simpson ($1-D = 0,9182$) y la alta equitatividad de Pielou ($J' = 0,9087$) indican que, aunque algunos taxones fueron más abundantes que otros, la comunidad no estuvo dominada por una única especie. Estos resultados sugieren que los residuos sólidos presentes en la zona costera de Santa Rosa pueden sostener a las comunidades epibiónticas con una composición relativamente heterogénea.

Para Oberbeckmann y Labrenz (2020), hay una fuerte dependencia con respecto a la colonización de los residuos provenientes del mar y, por lo tanto, las propiedades químicas y físicas del sustrato son determinantes, ya que algunas propiedades, como la rugosidad superficial, la textura, la estabilidad y el tiempo de permanencia, favorecen a la formación de biopelículas microbianas (biofilms), lo que supone la primera etapa de la colonización biológica. En el caso de las biopelículas, estas conducen al asentamiento de macroalgas e invertebrados, permitiendo la sucesión ecológica sobre los sustratos artificiales. En línea con estos planteamientos, la prueba de Chi-cuadrado realizada en la presente investigación mostró una relación significativa entre el tipo de residuo sólido y la presencia de organismos epibiontes ($\chi^2 = 30,29$; gl = 9; p = 0,00039). En esta parte de la investigación quedó claro que, en los residuos de PVC, metales, y tela se obtuvieron los porcentajes de colonización más altos, mientras que el plástico y el vidrio dieron los valores más bajos en la colonización. Aunque las propiedades físicas de los materiales no fueron evaluadas directamente en este estudio, estos resultados sugieren que dichas características podrían influir en los patrones de colonización observados, hipótesis que deberá ser corroborada mediante investigaciones específicas en un futuro.

En términos generales, esta combinación de la evidencia científica más los resultados obtenidos en la presente investigación hacen hincapié en el hecho de que

los residuos sólidos en la costa de Santa Rosa, además de ser una fuente de contaminación ambiental, también alteran la dinámica ecológica local al ofrecer un sustrato que actúa como un hábitat artificial para las diferentes comunidades epibióticas, propiciando los procesos de colonización y constituyendo potencialmente un vector de dispersión para las especies asociadas a dichos sustratos. Por lo tanto, los resultados obtenidos constituyen una excelente información para contribuir a la mejora de los programas de monitoreo, conservación y gestión de los ecosistemas marino-costeros y, a su vez, sirven como base para futuras investigaciones en torno a la relación entre residuos sólidos y las comunidades epibióticas.

9.2 CONCLUSIONES

Se identificaron y cuantificaron 1058 residuos sólidos distribuidos en diez categorías de materiales en la zona costera de Santa Rosa, siendo el plástico el más abundante (17,30 %), seguido del vidrio (13,42 %) y de la tela (11,15 %). Los resultados evidenciaron una acumulación significativa de residuos antrópicos en el ecosistema costero y de la importancia de fortalecer los trabajos de gestión de residuos y de conservación ambiental en la zona.

Se registró una comunidad epibiéntica conformada por 18 taxones de los grupos Rhodophyta, Mollusca, Arthropoda, Chlorophyta y Bryozoa, compuesta por 857 organismos asociados a los residuos sólidos, fue documentada. Los índices ecológicos ($H' = 2,627$; $1-D = 0,9182$; $J' = 0,9087$) señalan una comunidad poco más que moderadamente alta en diversidad, baja dominancia y una distribución de los individuos relativamente uniforme. Así mismo, *Amphipoda* sp., *Turbo* sp., *Balanus* sp. y *Cerithium* sp. fueron los taxones más abundantes indicando que los residuos sólidos generan condiciones propicias para el establecimiento y el desarrollo de una comunidad epibiéntica variada.

La composición y estructura de las comunidades epibiénticas fueron diferentes dependiendo del tipo de sustrato artificial en el que se encuentren donde los materiales como los residuos de PVC (45,45 %), metales (41,75 %) y tela (41,53 %) fueron aquellos que presentaron los valores más altos de colonización, mientras que el plástico (22,40 %)

y vidrio (23,24 %) fueron los materiales que se colonizaron menos. La prueba de independencia Chi-cuadrado ($\chi^2 = 30,29$; $p < 0,05$) mostró que hay una asociación entre el tipo de residuo y la mayor o menor presencia de los organismos epibiontes, dejando claro que las características físicas de cada tipo de material influyen en el proceso de colonización.

En términos generales, los residuos sólidos ubicados en la zona costera de Santa Rosa no sólo constituyen un foco de contaminación ambiental para las playas, sino que son también una fuente de sustratos artificiales que pueden estar colonizados por diversas comunidades epibiónticas. Por ese motivo, la información que se obtiene ayuda a entender las interacciones entre la contaminación marina y la biodiversidad costera y representa un soporte científico para diseñar estrategias de manejo, monitoreo y gestión ambiental para los ecosistemas marino-costero.

9.3 RECOMENDACIONES

Implementar programas de monitoreo ambiental permanente que incluyan el monitoreo periódico de los residuos sólidos y de las comunidades epibióticas asociadas, para detectar los cambios en la biodiversidad y los procesos de colonización asociados con la contaminación marina.

Fortalecer los programas de gestión de residuos sólidos en la zona costera de Santa Rosa, a través de sus estrategias de prevención, recolección y disposición de los residuos, tales como plásticos, vidrio y PVC, que las identifica por su alta frecuencia y por la permanencia en el medio ambiente.

Ampliar futuros trabajos en diferentes épocas del año y muestrear un mayor número de sitios de muestreo a lo largo de la costa ecuatoriana, lo que permitiría comprobar la influencia de la estacionalidad y de las condiciones ambientales sobre la composición y la estructura de las comunidades epibióticas.

Incluir variables fisicoquímicas del agua (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, nutrientes, velocidad de las corrientes, etc.) con el fin de conocer mejor los factores ambientales que afectan el establecimiento y el desarrollo de los organismos epibiontes.

Evaluar el tiempo de permanencia y el estado de degradación de los residuos sólidos como posibles variables que puedan interferir en la colonización biológica con el propósito de determinar qué rasgos de los sustratos pueden favorecer el establecimiento de las distintas comunidades epibiónticas.

Promover programas de educación y sensibilización ambiental dirigidos a pescadores, turistas y comunidades locales, cuyo objetivo es disminuir el depósito de residuos sólidos en las playas y promover prácticas responsables para la conservación de los ecosistemas marino-costeros.

Consolidar la coordinación entre las instituciones públicas, los gobiernos locales, universidades y organizaciones ambientales orientadas a ejecutar estrategias de manejo costero basado en la evidencia científica, promoviendo la conservación de la biodiversidad marina y reduciendo los residuos sólidos que contaminan la provincia de Santa Elena

10. BIBLIOGRAFÍA

- Amaral-Zettler, L. A., Zettler, E. R., & Mincer, T. J. (2020). *Ecology of the plastisphere*. *Nature Reviews Microbiology*, 18(3), 139–151. <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0308-0>
- Andrady, A. L. (2017). *The plastic in microplastics: A review*. *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.082>
- Badawi, I., & Almohammadi, O. (2026). *The role of law in coastal ecosystem conservation: A case study on mangrove protection in the U.S., Egypt, and Saudi Arabia*. *Frontiers in Ocean Sustainability*, 4, Article 1752532. <https://doi.org/10.3389/focusu.2026.1752532>
- Baltranaitė, E., Inácio, M., Valença Pinto, L., Bogdziewicz, K., Rocha, J., Gomes, E., & Pereira, P. (2025). *Tourism impacts on marine and coastal ecosystem services: A systematic review*. *Geography and Sustainability*, 6(2), 100277. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2025.100277>
- Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., & Silliman, B. R. (2011). *The value of estuarine and coastal ecosystem services*. *Ecological Monographs*, 81(2), 169–193. <https://doi.org/10.1890/10-1510>
- Barboza, L. G. A., Vieira, L. R., Branco, V., Carvalho, C., & Guilhermino, L. (2018). *Microplastics cause neurotoxicity, oxidative damage and energy-related changes and interact with the bioaccumulation of mercury in the European seabass, Dicentrarchus labrax (Linnaeus, 1758)*. *Aquatic Toxicology*, 195, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2017.12.008>

- Bravo, M., Gallardo, M. A., Luna-Jorquera, G., Núñez, P., Vásquez, N., & Thiel, M. (2009). *Anthropogenic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): Results from a national survey supported by volunteers. Marine Pollution Bulletin*, 58(11), 1718–1726. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.06.017>
- Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. C. (2011). *Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: Sources and sinks. Environmental Science & Technology*, 45(21), 9175–9179. <https://doi.org/10.1021/es201811s>
- Brown, C., Tompkins, E. L., & Adger, W. N. (2006). *Marine and coastal ecosystems and human well-being: A synthesis report based on the findings of the Millennium Ecosystem Assessment*. United Nations Environment Programme.
- Chan, B. K. K., Dreyer, N., Gale, A. S., Glenner, H., Ewers-Saucedo, C., Pérez-Losada, M., Kolbasov, G. A., Crandall, K. A., & Høeg, J. T. (2021). *The evolutionary diversity of barnacles, with an updated classification of fossil and living forms. Zoological Journal of the Linnean Society*, 193(3), 789–846. <https://doi.org/10.1093/zoolinnean/zlaa160>
- Dang, H., & Lovell, C. R. (2016). *Microbial surface colonization and biofilm development in marine environments. Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 80(1), 91–138. <https://doi.org/10.1128/MMBR.00037-15>
- Dobretsov, S., Abed, R. M. M., & Teplitski, M. (2013). *Mini-review: Inhibition of biofouling by marine microorganisms. Biofouling*, 29(4), 423–441. <https://doi.org/10.1080/08927014.2013.776042>

- Fitridge, I., Dempster, T., Guenther, J., & de Nys, R. (2012). *The impact and control of biofouling in marine aquaculture: A review*. *Biofouling*, 28(7), 649–669.
<https://doi.org/10.1080/08927014.2012.700478>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). *The state of world fisheries and aquaculture 2022: Towards blue transformation*. FAO.
<https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- Gall, S. C., & Thompson, R. C. (2015). *The impact of debris on marine life*. *Marine Pollution Bulletin*, 92(1–2), 170–179.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.12.041>
- Gallardo, M. A., Hinojosa, I. A., & Thiel, M. (2021). *Cuarto monitoreo nacional de residuos sólidos en playas de Chile*. Programa Científicos de la Basura, Universidad Católica del Norte.
- Gregory, M. R. (2009). *Environmental implications of plastic debris in marine settings: Entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2013–2025. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0265>
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). *PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis*. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 1–9.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Oceans and coastal ecosystems and their services*. En H.-O. Pörtner et al. (Eds.), *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability* (pp. 379–550). Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/9781009325844.005>

- Kiessling, T., Gutow, L., & Thiel, M. (2015). *Marine litter as habitat and dispersal vector*. En M. Bergmann, L. Gutow, & M. Klages (Eds.), *Marine anthropogenic litter* (pp. 141–181). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_6
- Krishna, S., Lemmen, C., Örey, S., Rehren, J., Di Pane, J., Mathis, M., Püts, M., Hokamp, S., Pradhan, H., Hasenbein, M., Scheffran, J., & Wirtz, K. (2023). *Interactive effects of multiple stressors in coastal ecosystems* [Preprint]. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.07306>
- Liu, P., Zhang, H., Fan, Y., & Xu, D. (2023). *Microbially influenced corrosion of steel in marine environments: A review from mechanisms to prevention*. *Microorganisms*, 11(9), 2299. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11092299>
- Liu, Y., Xu, X., Zhang, S., Liu, J., Xian, J., & Li, Y. (2022). *A review on marine plastisphere: Biodiversity, formation, and role in degradation*. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 20, 975–988. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2022.02.008>
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press.
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (2021). *Guía para la identificación de fauna marina en monitoreos ciudadanos*. Gobierno de Chile.
- Murguía Romero, M., Serrano Estrada, B., Ortiz, E., & Villaseñor, J. L. (2021). *Claves de identificación taxonómica en la web: Herramientas para un mejor conocimiento de la biodiversidad*. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 92, e923592. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3592>

- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2013). *Marine debris monitoring and assessment project: Protocols for survey types and categories*. NOAA Marine Debris Program.
- Oberbeckmann, S., & Labrenz, M. (2020). *Marine microbial assemblages on microplastics: Diversity, adaptation, and role in degradation*. *Annual Review of Marine Science*, 12, 209–232. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010419-010633>
- Oberbeckmann, S., Osborn, A. M., & Duhaime, M. B. (2016). *Microbes on a bottle: Substrate, season and geography influence community composition of microbes colonizing marine plastic debris*. *PLOS ONE*, 11(8), e0159289. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159289>
- Odum, E. P., & Barrett, G. W. (2005). *Fundamentals of ecology* (5th ed.). Brooks/Cole.
- Pielou, E. C. (1966). *The measurement of diversity in different types of biological collections*. *Journal of Theoretical Biology*, 13, 131–144. [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(66\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0022-5193(66)90013-0)
- Rech, S., Macaya-Caquilpán, V., Pantoja, J. F., Rivadeneira, M. M., Madariaga, D. J., & Thiel, M. (2018). *Sampling of riverine litter with citizen scientists: Findings and recommendations*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(2), Article 68. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6418-9>
- Rios, L. M., Moore, C., & Jones, P. R. (2007). *Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment*. *Marine Pollution Bulletin*, 54(8), 1230–1237. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.03.022>

- Rocha, J. C. (2021). *Ecosystems are showing symptoms of resilience loss* [Preprint]. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2107.03307>
- Rochman, C. M., Brookson, C., Bikker, J., Djuric, N., Earn, A., Bucci, K., Athey, S., Huntington, A., McIlwraith, H., Munno, K., De Frond, H., Kolomijeca, A., Erdle, L., Grbic, J., Bayoumi, M., Borrelle, S. B., Wu, T., Santoro, S., Werbowski, L. M., . . . Hung, C. (2019). *Rethinking microplastics as a diverse contaminant suite. Environmental Toxicology and Chemistry*, 38(4), 703–711. <https://doi.org/10.1002/etc.4371>
- Seed, R., & Suchanek, T. H. (1992). *Population and community ecology of Mytilus*. En E. M. Gosling (Ed.), *The Mussel Mytilus: Ecology, Physiology, Genetics and Culture* (pp. 87–169). Elsevier.
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press.
- Simpson, E. H. (1949). *Measurement of diversity. Nature*, 163(4148), 688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- Sustainable Hospitality Alliance. (s. f.). *Ocean tourism pact for sustainable coastal and marine tourism*. <https://sustainablehospitalityalliance.org/ocean-tourism-pact-sustainable-coastal-marine-tourism/>
- Thushari, G. G. N., & Senevirathna, J. D. M. (2020). Plastic pollution in the marine environment. *Heliyon*, 6(8), e04709. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04709>
- United Nations Environment Programme. (2011). *Marine and coastal ecosystems strategy*.

United Nations Environment Programme. (2021). *From pollution to solution: A global assessment of marine litter and plastic pollution*.

United Nations Environment Programme. (2026, 1 de abril). *Blue ecosystems*.
<https://www.unep.org/topics/ocean-seas-and-coasts/blue-ecosystems>

United Nations Environment Programme. (s. f.). *Biodiversity and ecosystems. Regional Seas Programme*. <https://www.unep.org/topics/ocean-seas-and-coasts/regional-seas-programme/biodiversity-and-ecosystems>

Wahl, M. (2009). *Epibiosis*. En M. Wahl (Ed.), *Marine hard bottom communities: Patterns, dynamics, diversity, and change* (pp. 61–72). Springer.

Wahl, M., Kröger, K., Lenz, M., & Dobretsov, S. (2012). *Marine epibiosis: Concepts, ecological consequences and host defense*. En S. Dobretsov (Ed.), *Biofouling* (pp. 65–96). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781118337082.ch3>

Zettler, E. R., Mincer, T. J., & Amaral-Zettler, L. A. (2013). *Life in the “plastisphere”: Microbial communities on plastic marine debris*. *Environmental Science & Technology*, 47(13), 7137–7146. <https://doi.org/10.1021/es401288x>

ANEXOS

Anexo 1. Resultados de los índices de diversidad alfa de la comunidad epibiótica asociada a residuos sólidos en la zona costera de Santa Rosa

Alpha diversity indices

Numbers	Plot
	A
Taxa_S	18
Individuals	857
Dominance_D	0.08175
Simpson_1-D	0.9182
Shannon_H	2.627
Evenness_e^H/S	0.7681
Brillouin	2.576
Menhinick	0.6149
Margalef	2.517
Equitability_J	0.9087
Fisher_alpha	3.222
Berger-Parker	0.1284
Chao-1	18

Nota. Taxa_S = riqueza específica; Individuals = número total de individuos registrados; Dominance_D = índice de dominancia de Simpson; Simpson_1-D = índice de diversidad de Simpson; Shannon_H = índice de diversidad de Shannon-Wiener; Evenness_e^H/S = índice de uniformidad; Brillouin = índice de diversidad de Brillouin; Menhinick y Margalef = índices de riqueza específica; Equitability_J = índice de equitatividad de Pielou. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos analizados en PAST 4.3.

Anexo 2. Resultado de la prueba Chi-cuadrado para evaluar la asociación entre el tipo de residuo sólido y la presencia de organismos epibiontes en la zona costera de Santa Rosa

Chi squared

Rows, columns:	10, 2	Degrees freedom:	9
Chi²:	30,291	p (no assoc.):	0,00039134
Monte Carlo p:	0,0003		

Fisher's exact

Not available

Other statistics

Cramer's V:	0,16921	Contingency C:	0,16683
--------------------	---------	-----------------------	---------

Nota. La prueba Chi-cuadrado mostró una asociación significativa entre el tipo de residuo sólido y la presencia de organismos epibiontes ($\chi^2 = 30,291$; gl = 9; p = 0,00039). Debido a que el valor de p fue inferior al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$), se rechazó la hipótesis nula de independencia y se aceptó la hipótesis alternativa, indicando que la colonización de organismos epibiontes estuvo influenciada por el tipo de sustrato artificial. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos analizados en PAST 4.3.

Anexo 3. Composición y frecuencia de residuos sólidos con y sin epibiontes registrados durante el monitoreo complementario realizado en la playa adyacente al área de estudio principal.

Tipo de residuo	Con epibiontes	Sin epibiontes	Total, encontrados	Porcentaje	%
Plástico	24	32	56	0,29015544	29,02
Foam	13	1	14	0,07253886	7,25
Metales	2	7	9	0,04663212	4,66
Vidrio	8	8	16	0,08290155	8,29
Tela	0	14	14	0,07253886	7,25
Cabo	11	2	13	0,06735751	6,74
Nylon	2	27	29	0,15025907	15,03
Caucho	8	5	13	0,06735751	6,74
Fibra	10	8	18	0,09326425	9,33
Pvc	0	11	11	0,05699482	5,70
total	0	0	0	0	0
TOTAL			193	1	100

Nota. Los datos corresponden a tres monitoreos exploratorios efectuados en una playa cercana a la zona de estudio principal. Estos registros fueron obtenidos con fines comparativos y de observación complementaria, por lo que no fueron incluidos en los análisis estadísticos desarrollados en la investigación. Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4. Abundancia de los taxones de organismos epibiontes identificados en tres monitoreos exploratorios (M1, M2 y M3) efectuados en una playa cercana a la zona costera de Santa Rosa.

Taxón identificado	M1	M2	M3	TOTAL
<i>Amphipoda sp.</i>	7	5	7	19
<i>Turbo sp.</i>	8	7	6	21
<i>Lepas sp.</i>	17	8	6	31
<i>Cerithium sp.</i>	0	0	0	0
<i>Balanus sp.</i>	5	6	5	16
<i>Crassostrea sp.</i>	0	0	0	0
<i>Codium sp.</i>	6	6	5	17
<i>Acanthophora sp.</i>	4	9	9	22
<i>Chiton sp.</i>	5	5	20	30
<i>Gracilaria sp.</i>	0	0	0	0
<i>Bryozoa sp.</i>	0	0	0	0
<i>Ulva lactuca</i>	3	4	5	12
<i>Caulacanthus ustulatus</i>	0	0	0	0
<i>Grateloupia sp.</i>	0	0	0	0
<i>Bugula sp.</i>	0	0	0	0
<i>Acanthophora spicifera</i>	0	0	0	0
<i>Rhodophyta (no ident.)</i>	4	4	3	11
<i>Conus sp.</i>	0	0	0	0
TOTAL				179

Nota. M1, M2 y M3 corresponden a los tres monitoreos complementarios realizados fuera del área de estudio principal. Se registraron un total de 179 organismos pertenecientes a nueve taxones identificados. Los taxones con mayor abundancia fueron *Lepas sp.* (31 individuos), *Chiton sp.* (30 individuos), *Acanthophora sp.* (22 individuos) y *Turbo sp.* (21 individuos). Estos registros fueron obtenidos con fines comparativos y exploratorios, por lo que no fueron incluidos en los análisis estadísticos principales de la investigación. Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5. Prueba de chi cuadrado

Prueba	χ^2	gl	p
Chi-cuadrado	30,29	9	0,00039

Nota. Se aplicó una prueba de independencia Chi-cuadrado utilizando las frecuencias de residuos con y sin epibiontes registradas durante el período de estudio. Se consideró un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Anexo 6. Acumulación de residuos sólidos en la playa de Santa Rosa



Anexo 7. Señalización de zona para monitoreo



Anexo 8. Identificación de residuos sólidos y organismos



Anexo 9. Identificación de organismos que colonizan los residuos sólidos



Anexo 10. Visita y supervisión de tutor durante los monitoreos.



Anexo 11. Identificación de residuos sólidos



Anexo 12. Evidencia fotográfica de organismos epibiontes observados durante el muestreo en la costa de Santa Rosa.



Anexo 13. Registro de tipos de residuos y organismos epibiontes encontrados por transecto durante los monitoreos

Muestreo	Transecto	Residuos con epibiontes registrados	Organismos epibiontes registrados
M1	T1	Plástico, vidrio	<i>Amphipoda</i> sp.
M1	T2	Cabo, caucho, foam	<i>Ulva lactuca</i> , Rhodophyta
M1	T3	Tela	<i>Codium</i> sp.
M1	T4	Caucho, fibra	<i>Turbo</i> sp., <i>Lepas</i> sp.
M1	T5	Plástico, fibra	<i>Balanus</i> sp., <i>Acanthophora</i> sp.
M1	T6	Metales, cabo	<i>Chiton</i> sp.
M2	T1	Tela	<i>Lepas</i> sp.
M2	T2	Metales, tela, foam	<i>Codium</i> sp., <i>Cerithium</i> sp., <i>Lepas</i> sp.
M2	T3	Cabo, vidrio, foam	<i>Turbo</i> sp., <i>Conus</i> sp., <i>Acanthophora</i> sp.
M2	T4	Vidrio	<i>Turbo</i> sp.
M2	T5	PVC, plástico	<i>Turbo</i> sp., <i>Lepas</i> sp., <i>Caulacanthus ustulatus</i>
M2	T6	Foam, plástico	<i>Acanthophora</i> sp., <i>Cerithium</i> sp.
M3	T1	Metales, PVC, cabo	<i>Crassostrea</i> sp., <i>Amphipoda</i> sp.
M3	T2	Tela, fibra	<i>Turbo</i> sp.
M3	T3	Caucho, PVC, metales	<i>Lepas</i> sp.
M3	T4	Caucho	<i>Turbo</i> sp., <i>Amphipoda</i> sp.
M3	T5	Plástico, metales, tela	<i>Cerithium</i> sp., <i>Amphipoda</i> sp.

M3	T6	Caucho, tela, plástico	<i>Acanthophora</i> sp., <i>Crassostrea</i> sp.
M4	T1	Fibra, nylon	<i>Grateloupia</i> sp., <i>Lepas</i> sp.
M4	T2	Foam	<i>Amphipoda</i> sp., <i>Acanthophora</i> sp.
M4	T3	Metales, vidrio, foam	<i>Cerithium</i> sp., <i>Balanus</i> sp., <i>Ulva lactuca</i>
M4	T4	Foam, PVC	<i>Caulacanthus ustulatus</i>
M4	T5	Vidrio, PVC	<i>Balanus</i> sp., <i>Cerithium</i> sp.
M4	T6	Nylon, caucho	<i>Ulva lactuca</i>
M5	T1	Tela, PVC	<i>Acanthophora</i> sp., <i>Chiton</i> sp.
M5	T2	Plástico, cabo, tela	<i>Amphipoda</i> sp., <i>Cerithium</i> sp.
M5	T3	Foam	Rhodophyta, <i>Lepas</i> sp.
M5	T4	Nylon	<i>Crassostrea</i> sp.
M5	T5	PVC, nylon, fibra	<i>Balanus</i> sp.
M5	T6	PVC	<i>Balanus</i> sp.
M6	T1	Cabo, plástico	<i>Turbo</i> sp.
M6	T2	Tela, PVC	<i>Turbo</i> sp., <i>Amphipoda</i> sp.
M6	T3	Nylon, vidrio	<i>Balanus</i> sp., <i>Codium</i> sp.
M6	T4	Caucho	<i>Crassostrea</i> sp.
M6	T5	Metales, fibra, vidrio	<i>Codium</i> sp., <i>Grateloupia</i> sp.
M6	T6	Tela	<i>Turbo</i> sp., <i>Ulva lactuca</i> , <i>Grateloupia</i> sp.
M7	T1	Metales	<i>Codium</i> sp., Bryozoa sp.
M7	T2	Metales, foam, tela	<i>Codium</i> sp., <i>Turbo</i> sp.
M7	T3	Cabo, foam	Bryozoa sp., <i>Cerithium</i> sp., <i>Crassostrea</i> sp.
M7	T4	Fibra	<i>Amphipoda</i> sp., <i>Crassostrea</i> sp.
M7	T5	Cabo, metales, nylon	<i>Acanthophora spicifera</i> , <i>Balanus</i> sp.
M7	T6	PVC	<i>Codium</i> sp.
M8	T1	Plástico	<i>Codium</i> sp.
M8	T2	Nylon, metales	<i>Balanus</i> sp., <i>Amphipoda</i> sp.
M8	T3	Foam, tela	<i>Codium</i> sp., <i>Gracilaria</i> sp.
M8	T4	Cabo, plástico	<i>Amphipoda</i> sp., <i>Crassostrea</i> sp.
M8	T5	Fibra, foam	<i>Codium</i> sp., <i>Amphipoda</i> sp.
M8	T6	Metales, caucho, vidrio	<i>Turbo</i> sp., <i>Ulva lactuca</i> , <i>Gracilaria</i> sp.
M9	T1	Foam, cabo, plástico	<i>Amphipoda</i> sp., <i>Gracilaria</i> sp.
M9	T2	Vidrio, plástico	<i>Amphipoda</i> sp.
M9	T3	Tela	<i>Gracilaria</i> sp., <i>Crassostrea</i> sp., <i>Lepas</i> sp.
M9	T4	Foam, tela	Bryozoa sp.
M9	T5	Nylon, caucho	Bryozoa sp., <i>Ulva lactuca</i> , <i>Codium</i> sp.
M9	T6	Metales, plástico	<i>Crassostrea</i> sp., <i>Lepas</i> sp.
M10	T1	Tela	<i>Cerithium</i> sp., <i>Turbo</i> sp.
M10	T2	Vidrio, cabo	Bryozoa sp., <i>Balanus</i> sp.
M10	T3	Caucho	<i>Amphipoda</i> sp., <i>Chiton</i> sp.
M10	T4	Cabo	<i>Gracilaria</i> sp., <i>Amphipoda</i> sp.
M10	T5	Fibra	<i>Crassostrea</i> sp., Bryozoa sp.
M11	T1	Plástico, foam, tela	<i>Cerithium</i> sp., <i>Turbo</i> sp.
M11	T2	Cabo, nylon	<i>Bugula</i> sp., <i>Caulacanthus ustulatus</i>
M11	T3	Plástico, metal	<i>Bugula</i> sp.
M11	T4	Caucho, tela	<i>Turbo</i> sp., <i>Chiton</i> sp.
M11	T5	Botellas PET, tarrinas	<i>Crassostrea</i> sp., <i>Chiton</i> sp.
M11	T6	Nylon, tela	<i>Amphipoda</i> sp., <i>Codium</i> sp.
M12	T1	Fibra, vidrio	<i>Cerithium</i> sp.
M12	T2	Fibra, tela	<i>Cerithium</i> sp.
M12	T3	Caucho, foam	<i>Gracilaria</i> sp.
M12	T4	PVC	<i>Balanus</i> sp., <i>Crassostrea</i> sp.
M12	T5	Metales, plástico, foam	<i>Chiton</i> sp.

M12	T6	PVC	<i>Chiton</i> sp., <i>Balanus</i> sp.
M13	T1	Metales, tela	<i>Crassostrea</i> sp., <i>Cerithium</i> sp.
M13	T2	Nylon	<i>Cerithium</i> sp.
M13	T3	PVC, nylon, vidrio	<i>Amphipoda</i> sp., <i>Balanus</i> sp.
M13	T4	Cabo, caucho, metales	<i>Acanthophora</i> sp., <i>Bugula</i> sp.
M13	T5	Vidrio	<i>Turbo</i> sp.
M13	T6	Caucho	<i>Ulva lactuca</i>

Nota. Los tipos de residuos y los organismos epibiontes se presentan según los registros obtenidos conjuntamente en cada transecto durante las jornadas de muestreo. Cuando se registró más de un tipo de residuo y más de un taxón dentro del mismo transecto, los datos indican coocurrencia en la unidad de muestreo y no una asociación individual entre un taxón específico y un residuo determinado.



Facultad de
Ciencias del Mar
Biología Marina

La Libertad, 9 de Julio del 2026

Sr. Ing.
Jimmy Villón Moreno, M.Sc.
Director carrera de Biología
Presidente Comisión de Titulación
FCM-UPSE

Estimado Sr. director:

Por medio del presente informo a usted que el estudiante Anthony Isaac Robles Tomala con cédula de identidad N° 2450752890 ha realizado las tutorías para las correcciones y ha concluido con la propuesta de investigación del Trabajo de Titulación Curricular cuyo tema es "ANÁLISIS DE COMUNIDADES EPIBIONTICAS RELACIONADAS CON RESIDUOS SÓLIDOS EN EL ECOSISTEMA COSTERO URBANO DE SANTA ROSA, SANTA ELENA". Por tanto, extendiendo el aval correspondiente para que el estudiante continúe con el respectivo proceso para optar al título de Biólogo.

Por la atención que se sirva brindar al presente, me suscribo de Ud.

Atentamente.

Blga. María Herminia Cornejo Rodríguez, Ph.D.
Docente Tutor
FACULTAD CIENCIAS DEL MAR – UPSE

Cc: Archivo

Dirección: Campus matriz, La Libertad - prov. Santa Elena - Ecuador
Código Postal: 240204 - Teléfono: (04) 2-781732
www.upse.edu.ec