

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**CALIDAD AMBIENTAL Y GESTIÓN DE TRES PLAYAS ARENOSAS DE USO
RECREATIVO DEL PACÍFICO NORTE DE COSTA RICA**

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en
Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales para optar al grado y título de Maestría
Académica en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales

JOSÉ ROLANDO MONTIEL MORA

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2023

DEDICATORIA

A mi **Abi – ABUELITA**- cuyo cariño, amor, su cuidado y consejos desde mi niñez me hicieron crecer y ser la persona que soy hoy en día (02/01/2023).

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por estar siempre a mi lado, por su amor incondicional y por motivarme a luchar por mis sueños. por su apoyo, su amor y ser siempre un empuje para que luche por mis sueños. A Ka, mi esposa, por estar siempre conmigo en todo este proceso, por apoyarme, escucharme y brindarme energías para que continúe y logre finalizar mi tesis.

A Eddy, mi tutor, por la confianza y todo el apoyo que me dio durante toda la maestría, por el acompañamiento y el sufrimiento en cada trabajo de campo con el sol y la jalada de hieleras. También por la amistad y ser una persona de ejemplo para seguir luchando por lo que quiero.

A Jeffrey como asesor y guía en el análisis de datos y escritura de los artículos. A Jairo y Jerson por su acompañamiento durante cada una de las giras.

Al INISA y al CIMAR por el análisis de las muestras. A Maricruz y Carolina, excompañeras del CICA, les agradezco por su ayuda en el conteo de “bichitos” en cada una de las muestras de arena, que sin su ayuda no hubiera tenido datos disponibles.

A Karina como asesora de mi tesis.

Al GIACT por abrirme las puertas y dejarme ser parte de este proceso de maestría.

Y a todos y todas que fueron parte de este proceso, también muchas gracias.

HOJA APROBACIÓN

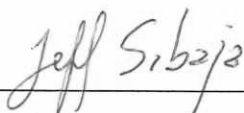
Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Posgrado en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado y al título de Maestría Académica en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales.



Dra. Marietta Flores Díaz
Representante de la Decana de Sistema de Estudios de Posgrado



Dr. Eddy H. Gómez Ramírez
Director de Tesis



Dr. Jeffrey A. Sibaja Cordero
Asesor



M. Sc. Karina Rodríguez Sáenz
Asesora



Dr. Juan José Alvarado Barrientos
Director
Programa de Posgrado en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales



José Rolando Montiel Mora
Sustentante

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
HOJA APROBACIÓN	iv
TABLA DE CONTENIDO	iv
RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	ix
LISTA DE TABLAS	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE ABREVIATURAS	xiii
CAPÍTULO I: CALIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA COSTERA EN NICOYA, COSTA RICA: COMPARACIÓN DE TRES PLAYAS CON DIFERENTE IMPACTO TURÍSTICO Y ADMINSTRACIÓN	1
Resumen.....	1
Abstract.....	2
INTRODUCCIÓN	3
MATERIALES Y MÉTODOS	4
RESULTADOS	6
DISCUSIÓN	11
REFERENCIAS.....	15
CAPÍTULO II: ECOLOGICAL MONITORING: AN ANALYSIS OF HUMAN IMPACT ON SANDY COAST OF THE COSTA RICAN PACIFIC	19
Abstract.....	19
Resumen.....	20
INTRODUCTION	21
MATERIALS AND METHODS.....	23
RESULTS	26
DISCUSION	36
CONCLUSIONS	40
REFERENCES	40
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA GESTIÓN AMBIENTAL EN PLAYA SÁMARA, CARRILLO Y CAMARONAL.....	46
INTRODUCCIÓN	46

METODOLOGÍA	47
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
CONCLUSIONES	58
REFERENCIAS.....	59
ANEXOS	62
Anexo 1.....	62
Anexo 2.....	64
Anexo 3.....	65

RESUMEN

Las playas de arena representan dos tercios de los ecosistemas costeros del mundo y se caracterizan por ser ambientes dinámicos. Son importantes para el desarrollo socioeconómico y cultural debido a actividades como el turismo, la pesca, la investigación y la educación ambiental. Sin embargo, estas actividades también generan presión sobre las playas y otros ecosistemas marino-costeros, causando contaminación, pérdida de biodiversidad y cambios en los patrones de sedimentación. Para evaluar la calidad ambiental de las playas, se realizan estudios que analizan variables fisicoquímicas y biológicas en el agua y los sedimentos, incluyendo oxígeno disuelto, pH, nutrientes, coliformes fecales, hidrocarburos, temperatura, salinidad, granulometría, carbonatos y materia orgánica, entre otros. El monitoreo también utiliza organismos bioindicadores para evaluar los impactos de las actividades humanas en las playas. Aunque Costa Rica cuenta con programas y protocolos para evaluar la calidad ambiental de las playas en el país, todavía se enfrenta la necesidad de una gestión más integral que aborde aspectos ecológicos y los posibles impactos en el ecosistema. Por tanto, el presente trabajo de investigación propone llevar a cabo un enfoque integral en la gestión de las playas en Costa Rica, centrándose en el estudio de tres playas cercanas entre sí: Sámara, Carrillo y Camaronal. Playas con características y dinámicas distintas. El objetivo de la investigación es evaluar de manera estandarizada la calidad ecosistémica de estas playas que se encuentran bajo diferentes condiciones de gestión mediante el uso de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y biológicos.

El primer capítulo del estudio presenta un análisis fisicoquímico y microbiológico del agua costera de las tres playas durante tres campañas de muestreo. Los resultados resaltan que la contaminación fecal es uno de los principales parámetros de preocupación, con concentraciones más altas durante los meses de mayor precipitación. Por otro lado, no se encontraron niveles detectables de contaminación por hidrocarburos. En términos generales, los parámetros fisicoquímicos indican un estado de buena calidad del agua, pero se enfatiza la importancia de considerar todos los factores para obtener un panorama completo del estado actual de las playas. El segundo capítulo aborda el estado ecológico de las arenas mediante un monitoreo ecológico que integra factores bióticos y abióticos. Se destaca que la playa de Carrillo tiene el sedimento más fino, seguida de Sámara y Camaronal, siendo esta última la que presenta mayor cantidad de madrigueras de cangrejos y una mayor diversidad de

organismos de infauna con 11 especies. En cuanto a los factores abióticos, se reporta que el 95% de los residuos sólidos recolectados en las tres playas consisten en plástico. Por lo tanto, la actividad humana, el turismo y características como el tipo y la ubicación de la playa, incluida su condición de áreas protegidas, pueden influir en la calidad de las arenas. El tercer capítulo se basa en entrevistas a actores sociales clave que están involucrados en la gestión ambiental de las playas. Se resaltan dificultades como la falta de presupuesto y personal para una gestión costera adecuada. Asimismo, se destaca la importancia de contar con voluntad, dedicación y participación de diversos actores sociales, incluyendo instituciones públicas, el sector privado, la comunidad y los turistas, para lograr un equilibrio entre la conservación y el desarrollo socioeconómico. En conclusión, la integración del análisis de calidad del agua, el monitoreo ecológico de las arenas y la participación de los actores sociales son elementos fundamentales para mejorar la gestión costera por parte de las autoridades responsables. Estas medidas permitirán tomar acciones adecuadas para preservar y proteger los ecosistemas marino-costeros.

ABSTRACT

Sand beaches comprise two-thirds of the world's coastal ecosystems and are characterized as dynamic environments. They play a role in socio-economic and cultural development due to activities such as tourism, fishing, research, and environmental education. However, these activities exert pressure on beaches and other marine-coastal ecosystems, leading to pollution, biodiversity loss, and alterations in sedimentation patterns. To assess beach environmental quality, studies are conducted analyzing physicochemical and biological variables in water and sediments, including dissolved oxygen, pH, nutrients, fecal coliforms, hydrocarbons, temperature, salinity, grain size, carbonates, and organic matter, among others. Monitoring also employs bioindicator organisms to assess human impacts on beaches. While Costa Rica has established programs and protocols to evaluate beach quality within the country, there remains a need for more comprehensive management addressing ecological aspects and potential ecosystem impacts. Therefore, this research proposes an integrated approach to beach management in Costa Rica, focusing on the study of three nearby beaches: Samara, Carrillo, and Camaronal, which exhibit distinct characteristics and dynamics. The objective of the research is to assess the ecosystem quality of these beaches, which are subject to different management conditions, in a standardized manner using physicochemical, microbiological, and biological parameters.

The first chapter presents a physicochemical and microbiological analysis of coastal water from the three beaches during three sampling campaigns. The results highlight fecal contamination as a primary concern, with higher concentrations observed during months of increased precipitation. Conversely, detectable levels of hydrocarbon contamination were not found. Overall, physicochemical parameters indicate good water quality, yet the importance of considering all factors to gain a comprehensive view of the current beach conditions is emphasized. The second Chapter addresses the ecological state of the sands through an ecological monitoring that integrates biotic and abiotic factors. It is highlighted that Carrillo beach has the finest sediment, followed by Samara and Camaronal, with the latter having the highest number of crab burrows and a greater diversity of infauna organisms with 11 species. Regarding abiotic factors, it is reported that 95% of the solid waste collected on the three beaches consists of plastic. Therefore, human activity, tourism, and characteristics such as beach type and location, including their status as protected areas, can influence the quality of

the sands. The third chapter is based on interviews with key social actors involved in the environmental management of the beaches. Challenges such as the lack of budget and personnel for proper coastal management are highlighted. Additionally, the importance of having willingness, dedication, and participation from various social actors, including public institutions, the private sector, the community, and tourists, to achieve a balance between conservation and socio-economic development is emphasized. In conclusion, integrating the analysis of water quality, ecological monitoring of the sands, and the participation of social actors are fundamental elements to improve coastal management by responsible authorities. These measures will enable appropriate actions to preserve and protect marine-coastal ecosystems.

LISTA DE TABLAS

Capítulo I

Tabla 1.1. Estadística descriptiva de los resultados de los parámetros evaluados en las tres playas en estudio.....	8
--	---

Capítulo II

Table 2.1. Classification of the beach according to the Clean Coast Index (CCI, Alkalay et al., 2007)	26
--	----

Table 2.2. Granulometric description of the sediment from Samara, Carrillo, and Camaronal beaches according to Folk and Ward method.	27
--	----

Table 2.3. Concentration of organic matter and carbonates present in the sediments of Samara, Carrillo, and Camaronal beaches. Guanacaste.....	29
---	----

Table 2.4. Quantity of macrofauna observed in the transects on the lower intertidal and crab holes in the quadrats in the beach berm or drying zone of Samara, Carrillo, and Camaronal, Guanacaste.	30
---	----

Table 2.5. Number of specimens collected per species in each of the beaches. Guanacaste	30
--	----

Table 2.6. Summary of Two-Way ANOVA. Results considering monitoring date and beach.	31
---	----

Table 2.7. Vertical zonation of Samara, Carrillo y Camaronal, Guanacaste	32
---	----

Table 2.8. List of marine debris found in Samara, Carrillo, and Camaronal. Guanacaste. The beach-specific list is provided in Supplementary Material 1	35
---	----

Table 2.9. Characterization of Samara, Carrillo, and Camaronal according to the Clean Coast Index (CCI) based on the number of objects per monitoring campaign.....	36
--	----

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

Fig. 1.1. Área de estudio y puntos de muestreo.....	5
Fig. 1.2. Concentración media de nutrientes para cada punto de muestreo de las playas en estudio.....	9
Fig. 1.3 Concentración promedio de los parámetros microbiológicos para cada punto de muestreo de las playas en estudio.	10
Fig. 1.4 Análisis de componentes principales (PCA) sobre las variables de calidad del agua en Sámara, Carrillo y Camaronal, Guanacaste, Costa Rica. Los números indican el orden según la campaña de monitoreo 1: Octubre, 2021. 2: Mayo, 2022. 3: Junio. 2022.....	11

Capítulo II

Fig. 2.1. Study area and sample points of Samara, Carrillo y Camaronal beaches, Costa Rica	23
Fig. 2.2. Grain size distribution curves for the three strata in Samara, Carrillo, and Camaronal beaches, per monitoring campaign.	28
Fig. 2.3. Count of identified taxa in Samara, Carrillo, and Camaronal	32
Fig. 2.4. Distribution of solid waste by beach and monitoring campaign (1-Oct 2020, 2-May 2021, 3-Jun 2021)	34

Capítulo III

Fig. 3.1. Ubicación geográfica de los tres sitios de estudio: Playas Sámara, Carrillo y Camaronal. Guanacaste, Costa Rica	49
Fig. 3.2. Presencia de residuos plásticos y leñosos A. Playa Carrillo, B. Playa Camaronal.	53
Fig. 3.3. Palabras con mayor frecuencia dichas durante las entrevistas	58

LISTA DE ABREVIATURAS

AyA: Instituto de Acueductos y Alcantarillados

BAE: Bandera Azul Ecológica

BAE-PLAYAS: Bandera Azul Ecológica categoría Playas

CCI: Índice de Playa Limpia

CF: Coliformes fecales

CIMAR: Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología

CONAC: Consejo Nacional de Áreas de Conservación

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno

E. coli: Escherichia coli

E. faecalis: Enterococcus faecalis

GCI: Gestión Costera Integrada

ICT: Instituto Costarricense de Turismo

IMN: Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica

INISA: Instituto de Investigaciones en Salud

INTECO: Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica

MINAE: Ministerio de Ambiente y Energía

Nd: No detectado

Obj: Objetos

OD: Oxígeno disuelto

ONG: Organización no gubernamental

PCA: análisis de componentes principales

SINAC: Sistema Nacional de Áreas de Conservación

SST: Sólidos totales suspendidos

USEPA: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos

CAPÍTULO I: CALIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA COSTERA EN NICOYA, COSTA RICA: COMPARACIÓN DE TRES PLAYAS CON DIFERENTE IMPACTO TURÍSTICO Y ADMINISTRACIÓN

Artículo 1.

José R. Montiel-Mora¹ & Eddy Gómez-Ramírez^{2,3}

1. Universidad de Costa Rica, Instituto de Investigaciones en Salud, San José, Costa Rica; jose.montielmora@ucr.ac.cr,

2. Universidad de Costa Rica, Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, San José, Costa Rica.

3. Universidad de Costa Rica, Escuela de Química, San José, Costa Rica; eddy.gomez@ucr.ac.cr

Estado: Publicado

Revista: Cuadernos de Investigación UNED

Recibido: 10/05/2023 **Aceptado:** 10/07/2023

DOI: <https://doi.org/10.22458/urj.v15i2.4763>

Resumen

Introducción: El crecimiento socioeconómico ha causado presión sobre los ecosistemas marinos, y existe poca información que pueda ser utilizada para el manejo de playas en Nicoya, Costa Rica. **Objetivo:** Determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua marino-costera en Nicoya, Costa Rica. **Métodos:** En octubre de 2021, y mayo y junio de 2022, usamos métodos estándar para evaluar las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua, en tres playas con diferentes administraciones y número de turistas. **Resultados:** La temperatura del agua osciló entre 26,1°C y 31,2°C, la salinidad entre 22 y 31 ups, el oxígeno disuelto entre 3,6 y 7,3 mg/L y los valores de hidrocarburos totales suspendidos estuvieron por debajo del límite de detección. La mayor contaminación fecal se encontró en época de lluvias, con valores máximos de $3,5 \times 10^3$ NMP/100 mL coliformes fecales, $1,1 \times 10^3$ NMP/100 mL *Escherichia coli* y $2,4 \times 10^3$ NMP/100 mL *Enterococcus faecalis*. **Conclusión:** Si bien la contaminación fecal fue alta durante la época de lluvias, los parámetros fisicoquímicos fueron aceptables en las tres playas.

Palabras clave: Contaminación, Gestión Integrada Costera, bacterias indicadoras fecales, nutrientes, clorofila- α , sólidos suspendidos totales.

Abstract

“Physicochemical and microbiological quality of coastal water in Nicoya, Costa Rica: comparison of three beaches with different tourism impact and administration”.

Introduction: Socioeconomic growth has caused pressure on marine ecosystems, and there is little information that can be used for the management of beaches in Nicoya, Costa Rica.

Objective: To determine the physicochemical and microbiological quality of marine-coastal water in Nicoya, Costa Rica. **Methods:** In October 2021, and May and June 2022, we used standard methods to assess physicochemical and microbiological water conditions, in three beaches with different administrations and number of tourists. **Results:** Water temperature ranged between 26,1°C to 31,2°C, salinity between 22 to 31ups, dissolved oxygen from 3,6 to 7,3mg/L, and total suspended hydrocarbon values were below the detection limit. Higher fecal contamination was found in the rainy season, with maximum values of $3,5 \times 10^3$ NMP/100mL fecal coliforms, $1,1 \times 10^3$ NMP/100mL Escherichia coli and $2,4 \times 10^3$ NMP/100mL Enterococcus faecalis. **Conclusion:** While fecal contamination was high during the rainy season, physicochemical parameters were acceptable in the three beaches.

Keywords: Pollution, Integrated Coastal Management, fecal indicator bacteria, indicators

INTRODUCCIÓN

Las playas son espacios socio-ecológicos donde se llevan a cabo actividades turísticas, portuarias, pesqueras, de investigación, residenciales, educacionales, entre otras (Sardá et al., 2012; Yepes, 2004). Además, brindan beneficios a la sociedad, como protección contra la erosión e inundaciones, control biológico, y provisión de valores recreativos y culturales (Lara-Lara et al., 2008). Sin embargo, enfrentan una alta presión humana debido al creciente desarrollo socioeconómico y turístico de los últimos años (Barbosa de Araújo & Ferreira da Costa, 2008; Brown & McLachlan, 2006; Roca & Villares, 2008). Entre las principales afectaciones están la contaminación costera y sus consecuencias, como la eutrofización y la hipoxia, que han degradado la calidad de las aguas marinas, lo cual afecta el funcionamiento del ecosistema (Badilla-Aguilar & Mora, 2019). Las precipitaciones, la escorrentía superficial, los efluentes de agua dulce y la incursión de las mareas también generan un deterioro en la calidad del agua (Panseriya et al., 2021).

Frente a este panorama, se han realizado diversos estudios enfocados en el análisis de la calidad de agua marina; en ellos se determina si el agua de las playas es adecuada para los diferentes usos que se le da (Nguyen & Sevando, 2019; Vivas-Aguas & Navarrete-Ramírez, 2014). Para ello, se toma en cuenta el uso dado, la ocurrencia de procesos naturales, y las actividades antropogénicas cercanas (Vivas-Aguas & Navarrete-Ramírez, 2014). La mayoría de estos estudios se basa en la determinación de variables fisicoquímicas como oxígeno disuelto (OD), temperatura, turbidez, salinidad; determinación de las concentraciones de nitrato y fosfato, cantidad de sólidos suspendidos totales (SST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), presencia de hidrocarburos derivados del petróleo o de elementos tóxicos, al igual que de variables microbiológicas, como coliformes fecales (CF), *Escherichia coli* (*E. coli*) y *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) (Hamuna et al., 2019; Nguyen & Sevando, 2019; Samsudin & Azid, 2018; Vivas-Aguas & Navarrete-Ramírez, 2014).

En Latinoamérica, se han realizado estudios que han determinado la calidad del agua marina de las costas (Acevedo, 2017; Hernández-Terrones et al., 2015; Sánchez et al., 2019; Tosic et al., 2019; Trujillo-López & Guerrero-Padilla, 2015). En ellos se midieron algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos mencionados para calificar la calidad del agua marina. En Costa Rica, también se han llevado a cabo estudios sobre contaminación y calidad del agua en playas como Isla Uvita, Puntarenas y Jacó (Acuña-González et al., 2004; Alfaro-

Sandí et al., 2021; Badilla-Aguilar & Mora, 2019; Laureano-Rosario et al., 2021; Samper-Villarreal et al., 2021).

La Península de Nicoya, en el Pacífico Norte de Costa Rica, abarca 130 km de largo y 40 km de ancho, con alrededor de cuarenta playas en una extensión costera de casi 232 km (Bergoeing, 2007). Es una región muy visitada y experimenta un rápido crecimiento turístico (Gómez, 2019). Si bien el impacto antropogénico a los ecosistemas marino-costeros puede ser significativo, son pocos los estudios que relacionan los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las playas de Guanacaste con ese impacto (Saravia-Arguedas et al., 2021; Vargas-Zamora et al., 2018).

Las playas Sámara, Carrillo y Camaronal, ubicadas en la península de Nicoya, contrastan entre sí en términos de su dinámica turística a pesar de su cercanía. Difieren en la cantidad de visitantes, los servicios turísticos y los poblados cercanos; incluso, las instituciones responsables de su gestión varían: las municipalidades se encargan de Sámara y Carrillo, mientras que el Ministerio de Ambiente y Energía es responsable de Camaronal. Sin embargo, todas estas playas carecen de estudios exhaustivos. Por consiguiente, se planteó el objetivo de determinar la calidad de las aguas marino-costeras mediante mediciones de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las tres playas en mención.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio: El presente estudio lo llevamos a cabo en tres campañas de muestreo, en octubre, 2021 y mayo y junio, 2022, en tres playas del Pacífico Norte de Costa Rica: Sámara, Carrillo y Camaronal. Los sitios de muestreo se señalan en la **Fig. 1.1.**

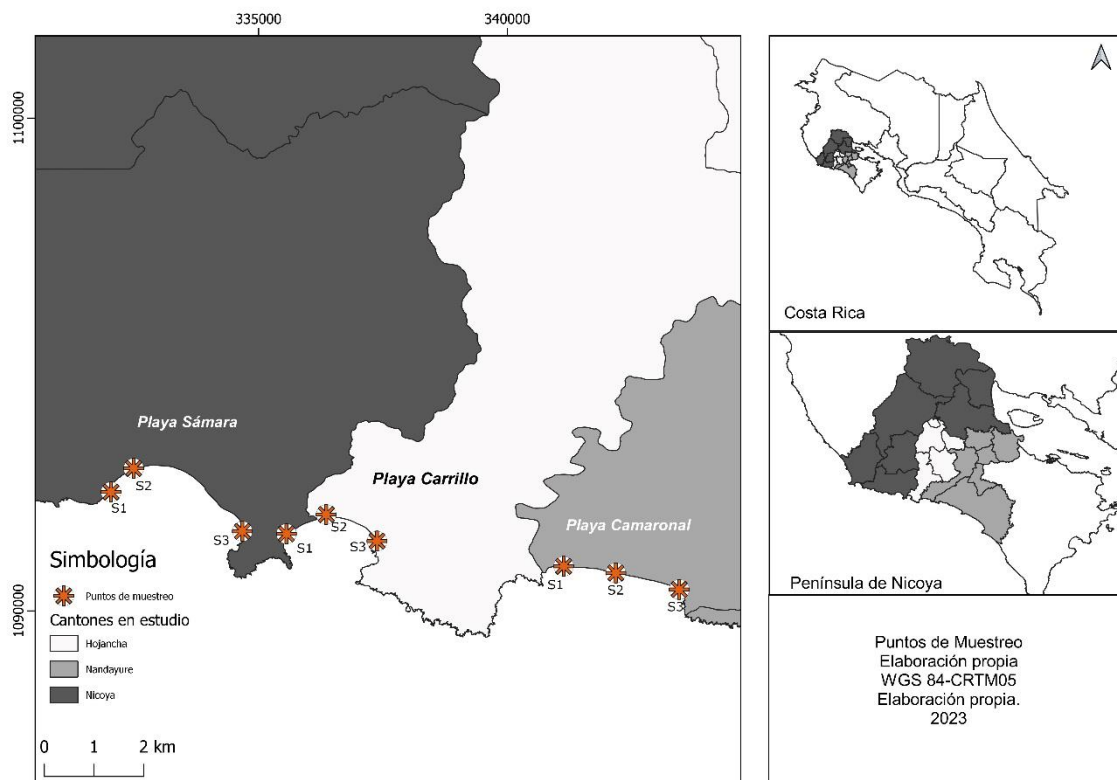


Fig. 1.1. Área de estudio y puntos de muestreo

Muestreo: Realizamos mediciones *in situ* y *ex situ*. Para las mediciones *in situ*, utilizamos una sonda multiparamétrica YSI®-85 para obtener los valores de temperatura (°C), salinidad (ups) y OD (mg/L). En cuanto a las mediciones *ex situ*, recolectamos muestras de agua marina por triplicado y de forma directa a la altura de la cintura cuando empezaba a bajar la marea. Usamos botellas de 1L de polietileno de alta densidad. Mantuvimos las muestras refrigeradas a una temperatura promedio de 4°C. En el laboratorio determinamos las concentraciones de nutrientes (silicato, nitrato, nitrito, amonio y fosfato, todos en $\mu\text{mol/L}$); SST (mg/L), la clorofila- α (mg/m^3), DBO_5 (mgO_2/L) y los hidrocarburos de petróleo disueltos o dispersos ($\mu\text{g/L}$). Cuantificamos los nutrientes y la clorofila- α mediante espectrofotometría visible, el SST mediante gravimetría, el DBO mediante incubación en condiciones controladas de temperatura y los hidrocarburos mediante espectrofluorometría (Acuña-González et al., 2004). Realizamos los análisis según los protocolos del Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) de la Universidad de Costa Rica (Parsons et al., 1984; Strickland & Parsons, 1972).

Por último, recolectamos muestras por triplicado para la determinación de CF, y la densidad de *E. coli* y *E. faecalis*. Tomamos las muestras el último día de cada campaña y las almacenamos en bolsas esterilizadas a una temperatura no superior a 4°C. Utilizamos la técnica del número más probable (NMP/100 mL). Para la CF y *E. coli* seguimos el método 9221, y para *E. faecalis* utilizamos el método 9230B de los Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (American Public Health Association, 2017). Interpretamos los resultados utilizando la Tabla del NMP, y los límites de detección del método son <1,8 NMP/100 mL - >1 600 000 NMP/100 mL.

Análisis estadístico: Calculamos estadísticas descriptivas de cada una de las variables, incluyendo promedios, desviaciones estándar, coeficientes de variación, máximos y mínimos para cada playa. Para evaluar las diferencias entre las campañas de monitoreo de cada playa, aplicamos el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis. Trabajamos con datos censurados en el caso del fosfato y los parámetros microbiológicos cuando los resultados estaban por debajo del límite de detección, considerando la mitad del valor mínimo detectable. Para identificar las variables con mayor variabilidad en las tres campañas de muestreo, realizamos un análisis de componentes principales (PCA) de correlación entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos utilizando los valores estandarizados de cada campaña. Para ambos análisis utilizamos el software estadístico XLSTAT (Lumivero, 2023).

RESULTADOS

La temperatura superficial del agua en las tres playas varió entre 26,1°C y 31,2°C, con un promedio de 29,1°C y una desviación estándar relativa del 5,1%. Según el análisis estadístico, se encontraron diferencias significativas en Sámara y Camaronal entre las tres campañas de monitoreo (n=9, p=0,06). Con relación a los niveles de salinidad, se obtuvieron promedios de 29ups y un coeficiente de variación del 12%, con diferencias significativas entre las campañas de monitoreo en Sámara y Camaronal (n=9, p<0,05). La primera campaña registró los valores más bajos, fluctuando entre 16 y 28ups (Tabla 1).

La concentración OD, en los sitios de muestreo, osciló entre 3,5 y 7,2mg/L, con una desviación relativa de 19,2%. No se mostraron diferencias significativas en los muestreos realizados para cada playa (n=9, p>0,05). Sámara presentó las concentraciones más altas, en un rango de 4,5 a 7,3mg/L, seguida de Camaronal y Carrillo. En cuanto al DBO, la mayoría

de los datos obtenidos se situaron por debajo del límite detectable, excepto el punto 1 de Playa Sámara, que registró el valor más alto con $14\text{mgO}_2/\text{L}$.

La clorofila- α , en la primera campaña, mostró las concentraciones más altas, en un rango de $6,1$ a $8,5\text{mg}/\text{m}^3$, mientras que en la segunda registró los valores más bajos, oscilando entre $0,2$ a $1,9\text{mg}/\text{m}^3$. Estadísticamente, se encontraron diferencias significativas entre los monitoreos en cada playa ($n=9$, $p<0.05$). Por otro lado, los SST, en cada playa, mostraron las concentraciones más altas en el segundo muestreo, seguidas de la tercera y primera campaña respectivamente. Estas diferencias entre cada campaña fueron significativas con un $p<0.05$ ($n=9$). El promedio de este parámetro fue de $30,9\text{ mg}/\text{L}$, con una desviación estándar relativa del $57,9\%$. Los hidrocarburos de petróleo disueltos o dispersos presentaron concentraciones por debajo del límite de detección ($0,02\text{mg}/\text{L}$).

En relación con los nutrientes, el amonio, los silicatos y nitratos no reportaron diferencias estadísticamente significativas entre cada monitoreo para cada una de las playas ($n=9$, $p>0,05$). Sin embargo, el nitrito presentó diferencias significativas en Sámara y Camaronal ($n=9$, $p<0.05$), donde el primer monitoreo reportó las concentraciones más altas, seguido de la tercera y segunda campaña. Los fosfatos solamente presentaron diferencias significativas en Sámara ($n=9$, $p<0.05$). Además, el nutriente con las mayores concentraciones fue el silicato, con un rango entre $5,6$ y $96,6\mu\text{mol}/\text{L}$ y un coeficiente de variación de $75,3\%$. Por su parte, los fosfatos presentaron las concentraciones más bajas, con valores por debajo del límite de detección ($0,06\mu\text{mol}/\text{L}$) y una media de $0,6\mu\text{mol}/\text{L}$. En la **Fig. 1.2** se pueden observar los promedios globales obtenidos por sitio en cada una de las playas.

Tabla 1.1. Estadística descriptiva de los resultados de los parámetros evaluados en las tres playas en estudio. Los resultados crudos se encuentran en el Anexo 1.

	T (°C)	Salinidad (ups)	DBO (mgO ₂ /L)	OD (mg/L)	SST (mg/L)	Clorofila- <i>a</i> (mg/m ³)	Silicatos (μmol/L)	Amonio (μmol/L)	Nitritos (μmol/L)	Nitratos (μmol/L)	Fosfatos (μmol/L)	CF (NMP/100mL)	<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	<i>E. faecalis</i> (NMP/100mL)
Sámara														
Promedio	29.6	27	2	5.5	38.2	3.5	38.4	10.1	4.6	5.3	0.6	5,6x10 ²	2,7x10 ²	3,7x10 ²
Desviación estándar	1.3	5	5	0.9	18.1	2.3	33.6	1.4	2.1	1.0	0.4	1,2x10 ³	4,4x10 ²	7,8 x10 ²
Coefficiente de variación	4.3%	17%	299%	15.9%	47.5%	65.3%	87.4%	13.5%	44.6%	19.3%	60.3%	207,5%	163,1%	210,6%
Min	27.9	16	0	4.5	12.4	0.4	5.6	7.4	3.0	3.7	nd	nd	nd	nd
Max	31.2	30	14	7.3	60.4	6.3	91.9	11.6	7.9	6.9	1.3	3,5x10 ³	1,1x10 ³	2,4x10 ³
Carrillo														
Promedio	29.1	29	0.3	4.2	21.4	3.3	34.1	9.3	4.5	5.4	0.6	1,9x10 ²	1,2x10 ²	3,9x10 ²
Desviación estándar	1.8	2	0.5	0.5	9.3	3.5	25.3	1.2	2.1	0.6	0.3	3,2x10 ²	3,0x10 ²	7,2x10 ²
Coefficiente de variación	6.1%	8%	152%	12.6%	43.7	103.9%	74.2%	13.1%	46.4%	10.5%	50.8%	166,7%	246,7%	186,4%
Min	26.6	25	0	3.5	8.9	0.3	9.99	7.5	2.7	4.5	nd	nd	nd	nd
Max	31.0	32	1	4.9	33.1	8.3	84.7	10.9	7.8	6.1	0.9	7,9x10 ²	9,2x10 ²	1,7x10 ³
Camaronal														
Promedio	28.5	30	0.2	4.4	33.1	3.4	52.3	9.6	4.6	5.2	0.6	2,5x10 ²	1,3x10 ²	3,3x10 ²
Desviación estándar	1.4	3	0.4	0.7	21.4	3.4	35.0	2.1	1.8	1.1	0.3	3,2x10 ²	1,7x10 ²	7,8x10 ²
Coefficiente de variación	4.9%	10%	199%	16.2%	64.6	101.5%	66.8%	22.2%	38.7%	21.8%	56.6%	131,3%	135,1%	236,1%
Min	26.1	25	0	3.6	8.9	0.2	8.5	6.5	2.8	3.3	0.2	nd	nd	nd
Max	30.0	33	1	5.4	69.8	8.5	96.1	11.9	7.3	6.9	1.1	7,9x10 ²	4,6x10 ²	2,4x10 ³

Número de muestras por playa = 9

nd: No detectado (Limite de detección: 0.06 μmol/L para fosfatos. 1.8 NMP/100 mL para los parámetros microbiológicos)

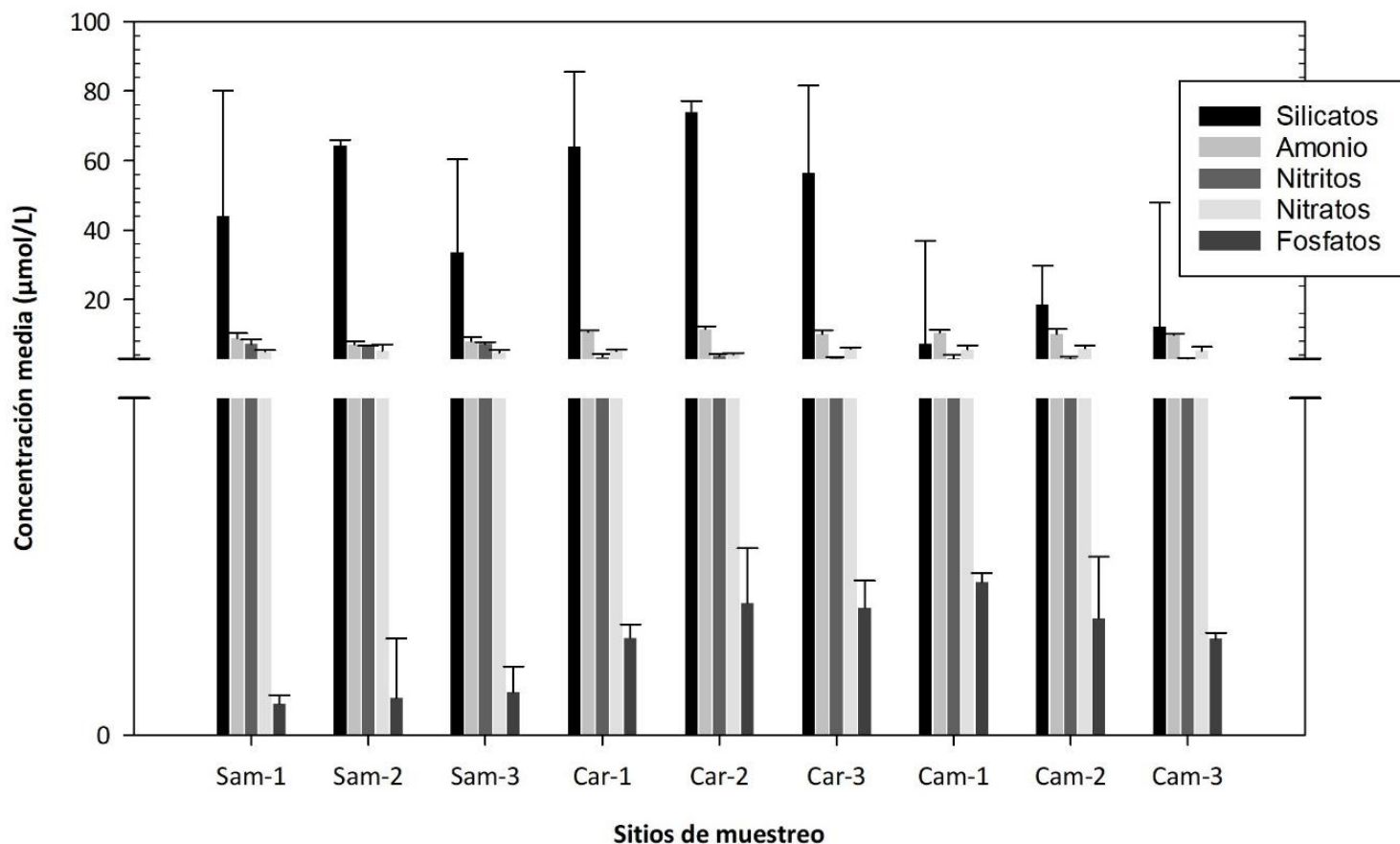


Fig. 1. 2. Concentración media de nutrientes para cada punto de muestreo de las playas en estudio.

Los CF oscilaron por debajo de los límites de detección hasta los $3,5 \times 10^3$ NMP/100mL, con una media de $3,3 \times 10^2$ y una desviación relativa de 213,3%. En cuanto a las bacterias, el 67% y 74% de las muestras resultaron positivas para *E. coli* y *E. faecalis* respectivamente, con un promedio de $1,7 \times 10^2$ para *E. coli* y $3,6 \times 10^2$. En la **Fig. 1.3** se reportan las concentraciones promedio por cada sitio de muestreo de cada una de las playas. Los valores más bajos para los tres parámetros se reportaron en el segundo muestreo, siendo Playa Carrillo la playa que presentó todos sus puntos por debajo del límite de detección (1,8 NMP/100mL); mientras que las concentraciones más altas se dieron en el primer muestreo. Asimismo, estos parámetros mostraron diferencias estadísticamente significativas únicamente en Sámara, según cada campaña de muestreo ($n=9$, $p<0,05$).

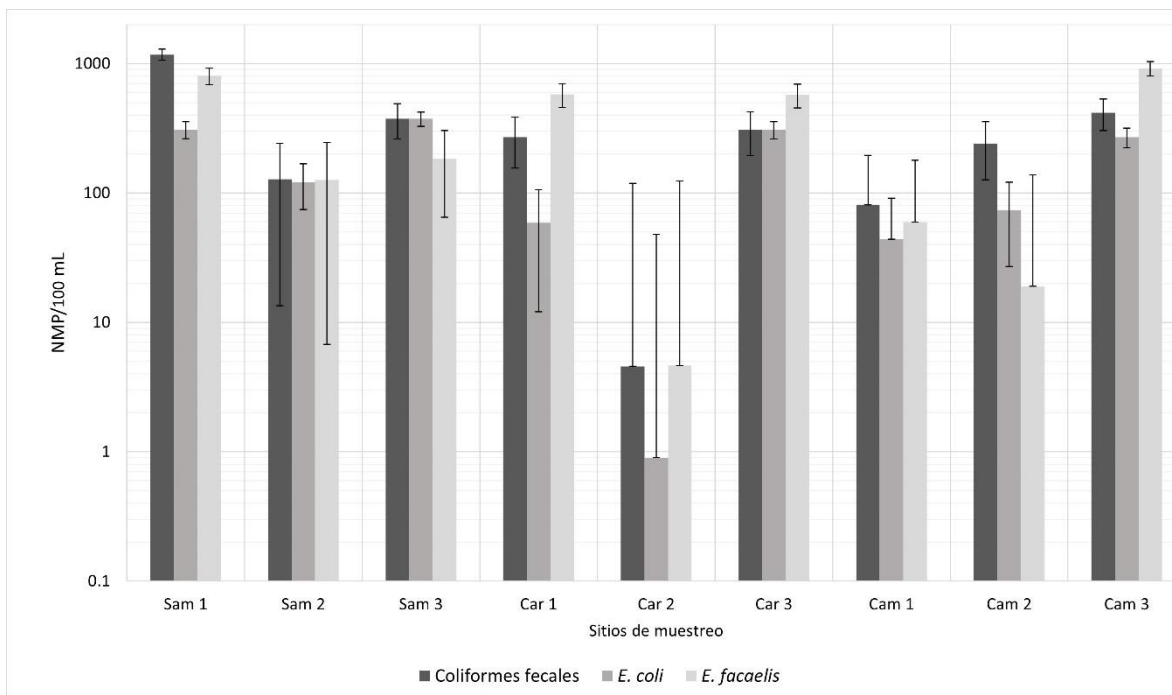


Fig. 1.3 Concentración promedio de los parámetros microbiológicos para cada punto de muestreo de las playas en estudio.

El PCA extrajo cinco factores con valores propios >1 , lo que representa el 97,73% de la varianza total (**Fig. 1.4**). El primer componente principal representa el 56,03% con carga alta hacia la salinidad (0,89), clorofila- α (0,83), DBO (0,54), SST (0,59), amonio (0,51), nitritos (0,95), fosfatos (0,86) CF (0,59), *E. coli* (0,78) y *E. faecalis* (0,95); el segundo factor (18,23%) con carga positiva a temperatura (0,87) y silicatos (0,73); el cuarto factor con una carga positiva alta únicamente en OD (0,73), y el quinto en nitratos (0,42).

En la **Fig. 1.4** se observa un gradiente ambiental en el eje PC-1 que indica valores negativos; este está influenciado por el aumento en las variables de nitratos, SST, fosfatos, salinidad y amonio. En este lado se encuentran las tres playas para el primer y segundo monitoreo. Por otro lado, las variables microbiológicas, la temperatura, OD, DBO y otras fisicoquímicas presentaron una correlación negativa con las variables anteriormente mencionadas, mostrando valores máximos en el lado positivo del PC-1. Este patrón se complementa con el PC-2, donde las variables de fosfatos, salinidad, amonio, CF, *E. coli* y clorofila aumentan hacia valores negativos, mientras que *E. faecalis*, nitritos, DBO, SST, temperatura y nitratos incrementan hacia valores positivos del PC-2. Estos patrones coinciden con las tres playas de la primera y segunda campaña de muestreo, siendo la gira 2 la que ubica las tres playas en los valores negativos del PC-2.

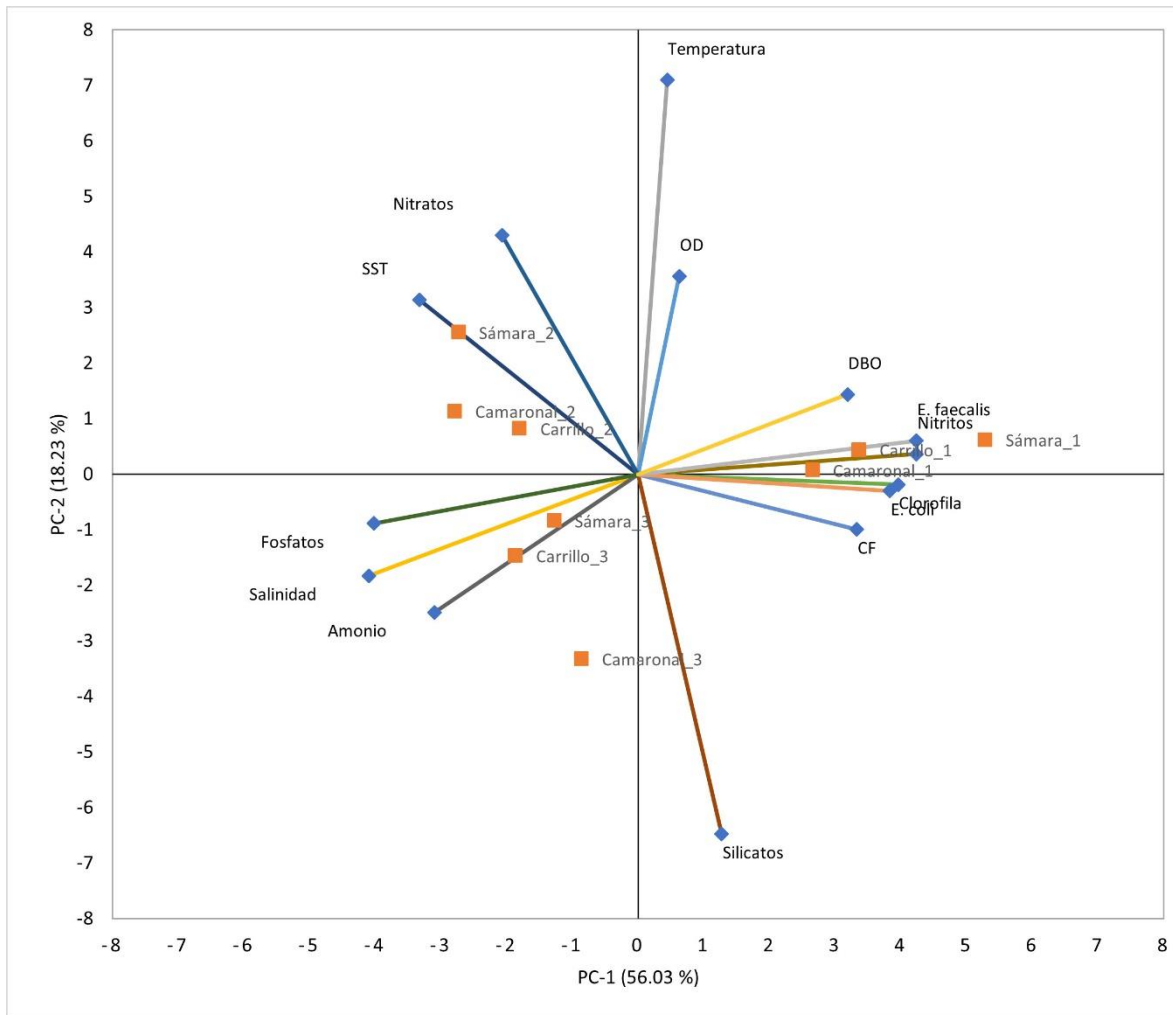


Fig. 1.4 Análisis de componentes principales (PCA) sobre las variables de calidad del agua en Sámara, Carrillo y Camaronal, Guanacaste, Costa Rica. Los números indican el orden según la campaña de monitoreo 1: Octubre, 2021. 2: Mayo, 2022. 3: Junio, 2022. En el Anexo 2 se encuentran los datos asociados al PCA.

DISCUSIÓN

La temperatura mostró variabilidad entre los muestreos en cada playa, con temperaturas más altas en la segunda campaña de monitoreo en Sámara y Camaronal. Estas diferencias entre campañas pueden atribuirse a factores como la estacionalidad, las escorrentías y las precipitaciones (Bermúdez et al., 2017; Rathoure, 2018). Sin embargo, los datos obtenidos son consistentes con otros estudios del Pacífico norte, que informan un promedio de temperatura de $28,7 \pm 0,6$ °C (Vargas-Zamora et al., 2018). En cuanto a la salinidad, se observaron diferencias significativas entre las campañas de monitoreo, siendo

la primera campaña, realizada en octubre (uno de los meses más lluviosos en Costa Rica (IMN, 2008), la que presentó menor salinidad. Estas variaciones en la salinidad entre campañas pueden estar relacionadas con el aumento de las escorrentías, una tasa de precipitación más alta y el aporte de agua dulce continental (Saravia-Arguedas et al., 2021).

Los niveles de OD indican promedios que pueden descartar eventos de hipoxia y anoxia a nivel superficial, lo cual concuerda con los bajos valores de DBO medidos. Esto implica una baja demanda de oxígeno por parte de los procesos de degradación de la materia orgánica, lo que sugiere una buena calidad del agua marino-costera (Panseriya et al., 2021; Segura-Noguera et al., 2016). En comparación con otros sitios como el Golfo de Kachchh en la India (3,00 - 11,70 mg/L), el Golfo de Papagayo (6,17 - 7,45 mg/L) y Bahía Culebra en Costa Rica (5,16 - 8,20 mg/L), los niveles de oxígeno disuelto en las playas estudiadas son comparables o incluso más bajos (Panseriya et al., 2021; Saravia-Arguedas et al., 2021; Vargas-Zamora et al., 2018).

El contenido de materia orgánica y el oxígeno necesario para degradarla son determinados por el DBO, el cual es utilizado como indicador de contaminación orgánica (Vivas-Aguas & Navarrete-Ramírez, 2014). En general, los niveles de DBO encontrados fueron inferiores a los informados en otros estudios (Roth et al., 2016; Tanahara et al., 2021). Sin embargo, durante la primera campaña en Sámara, se registró un promedio de 5 ± 9 mgO₂/L, lo cual podría estar relacionado con las altas concentraciones de contaminantes fecales detectadas en esa zona. Este descubrimiento coincide con un estudio llevado a cabo en Cuba, donde también se encontraron altas concentraciones de DBO asociadas a descargas residuales, lo que indica una mala calidad del agua en la playa (Hernández et al., 2021).

Las concentraciones de SST obtenidas en cada playa indican que la calidad del agua costera fue buena durante las fechas de muestreo, ya que valores entre 25 mg/L y 75 mg/L son representativos de una buena calidad del agua (Garcés-Ordóñez, 2016). Desde un punto de vista estadístico, el primer monitoreo mostró una mayor variabilidad en comparación con las otras dos campañas. Estos valores podrían estar relacionados con el volumen de precipitación y la influencia de los cuerpos de agua cercanos a la costa, los cuales diluyen la carga de los materiales en suspensión (Bermúdez et al., 2017).

Los nutrientes en aguas costeras desempeñan un papel crucial en el crecimiento, reproducción y metabolismo de los organismos (Panseriya et al., 2021). Se encontraron

concentraciones bajas de fosfato en cada sitio de muestreo, lo cual puede atribuirse a la interacción dinámica entre este nutriente y el fitoplancton, puesto que su concentración puede ser influenciada por las microalgas presentes (Silva & Guzmán, 2006). Estudios previos, como el de Vargas-Zamora et al. (2018), informaron de un patrón similar en otras costas del Pacífico. El comportamiento de los silicatos fue consistente con otros estudios realizados durante la época lluviosa (Morales-Ramírez et al., 2016; Saravia-Arguedas et al., 2021); se observó un aumento en los niveles de este nutriente durante la primera y la última campaña, que corresponden a los meses de mayor precipitación según el IMN (2008). Este incremento se puede atribuir al aporte de agua dulce proveniente de ríos, quebradas y las lluvias que llegan a cada una de las playas, como se ha evidenciado en diferentes estudios (Betancourt et al., 2011; Vargas-Zamora et al., 2018). Es importante destacar que el presente estudio no midió directamente esta contribución.

En relación con los nitritos y nitratos, se encontraron concentraciones superiores a otros estudios realizados en el país (Morales-Ramírez et al., 2016; Saravia-Arguedas et al., 2021; Vargas-Zamora et al., 2018). Esto podría estar asociado a procesos de afloramiento, nitrificación o la presencia de microalgas asociadas al plancton (USEPA, 2006). No obstante, las concentraciones son bajas en comparación a los hallazgos reportados en otras regiones del planeta, lo cual puede deberse a descargas mínimas de desechos domésticos o industriales en la costa (Anantharaj et al., 2012; Pandit & Fulekar, 2017; Panseriya et al., 2021). Es importante tener en cuenta que en este estudio no se midió directamente estos procesos. En cuanto a las concentraciones de amonio en las playas, se caracterizaron por ser más altas en comparación con otros trabajos, lo que sugiere la posible influencia de factores locales como la descomposición o presencia de materia orgánica en los cuerpos de agua cercanos a las playas (Martínez et al., 2010; Saravia-Arguedas et al., 2021; Vargas-Zamora et al., 2018). Estos factores no fueron determinados en este estudio.

La clorofila- α es un pigmento fotosintético que permite estimar las concentraciones de fitoplancton y la actividad biológica, como los afloramientos de microalgas (Picado et al., 2013). Se observó que las concentraciones más altas de clorofila- α se registraron en octubre, un mes caracterizado por un mayor volumen de lluvias en Costa Rica. Este hallazgo difiere de investigaciones previas, donde se encontró que las concentraciones de clorofila- α suelen ser bajas durante los meses lluviosos, como se observó en los otros dos monitoreos (Guzmán

et al., 2014; Saravia-Arguedas et al., 2021). Este resultado inusual puede atribuirse a la presencia del afloramiento de marea roja presente durante la primera campaña de monitoreo (Rodríguez, 2020). Esto concuerda que concentraciones de clorofila- α superiores a 5,00 $\mu\text{g/L}$ pueden asociarse con afloramientos algales (Bricker et al., 2003).

En el PCA se observan diferencias en las variables microbiológicas entre las distintas campañas de monitoreo, principalmente en la primera, donde se destacaron las concentraciones más elevadas de contaminación fecal, seguido de la segunda y tercera respectivamente. Esta tendencia podría explicarse debido a que ambas campañas se llevaron a cabo durante los meses de mayor precipitación (IMN, 2008). Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con investigaciones previas realizadas en América Latina, que también han encontrado una mayor contaminación fecal durante los meses lluviosos en comparación con los meses de verano (Grey et al., 2014; Moresco et al., 2012; Tosic et al., 2019). Esto puede atribuirse al aumento de las precipitaciones y a la lixiviación por escorrentía urbana, como se menciona en otros estudios (Mora, 2009; Moresco et al., 2012). Por consiguiente, se puede confirmar que Sámara, como la playa más concurrida, presenta una carga de contaminación fecal más elevada en la primera campaña de monitoreo, superando los niveles mínimos recomendados por las autoridades (Mora, 1998).

Los resultados indicaron que Playa Sámara presenta una mayor contaminación. Esto se debe a la alta actividad humana en forma de desarrollo turístico y urbanístico cerca de la costa, condiciones similares a las encontradas en un estudio en la provincia de Puntarenas (Badilla-Aguilar & Mora, 2019). Es importante tener en cuenta que las concentraciones de contaminantes pueden variar en diferentes puntos de muestreo de cada playa según la época, el día y la hora de muestreo, lo que puede afectar los resultados de las variables medidas (Bermúdez et al., 2017).

En conclusión, este estudio proporciona una aproximación de la calidad del agua costera en tres playas con diferentes dinámicas turísticas. Todas presentaron altos niveles de contaminación fecal y una calidad fisicoquímica sin variaciones significativas para los sitios de muestreo en el periodo en el que se desarrolló el estudio. Sin embargo, estos hallazgos destacan la necesidad de realizar más monitoreos para establecer una relación más precisa entre los niveles de contaminación, la estacionalidad y la ubicación geográfica de cada punto de muestreo. A nivel local, es necesario implementar esfuerzos para mejorar la calidad del

agua costera mediante la implementación de programas y estrategias de monitoreo, a fin de establecer criterios regulatorios para la calidad del agua marina.

REFERENCIAS

- Acevedo, R. (2017). Diagnóstico preliminar ambiental de playas de Cartagena de Indias, Caribe colombiano. *Teknos Revista Científica*, 17(1), 38-46. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6382719>
- Acuña-González, J., Vargas-Zamora, J. A., Gómez-Ramírez, E., & García-Céspedes, J. (2004). Hidrocarburos de petróleo, disueltos y dispersos, en cuatro ambientes costeros de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 52, 43-50. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442004000600005&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Alfaro-Sandí, J., Piedra-Marín, G., Saravia-Arguedas, A. Y., & Piedra-Castro, L. (2021). Evaluación de los parámetros físicos y químicos del agua de mar en los alrededores de la Isla Uvita, Limón, Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 34(2), 88-95. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i2.4985>
- Anantharaj, K., Natanamurugaraj, G., Jeyachandran, S., & Govindasamy, C. (2012). Characteristics of Water Quality in the Palk Strait, Southeast Coast of India. *World Journal of Agricultural Sciences*, 8(5), 525-528. <https://doi.org/10.5829/idosi.wjas.2012.8.5.1850>
- Badilla-Aguilar, A., & Mora-Alvarado, D. A. (2019). Análisis de la calidad bacteriológica de dos playas tropicales: relación de indicadores de contaminación fecal entre el agua de mar y las arenas. *Revista Tecnología En Marcha*, 32(10), 37-45. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i10.4879>
- Barbosa de Araújo, M. C., & Ferreira da Costa, M. (2008). Environmental Quality Indicators for Recreational Beaches Classification. *Journal of Coastal Research*, 24(6), 1439-1449. <https://doi.org/10.2112/06-0901.1>
- Bergoeing, J. P. (2007). *Geomorfología de Costa Rica* (2nd ed.). Costa Rica: Librería Francesa.
- Bermúdez, F., Campos, A., & Lépez, L. (2017). *Herramienta metodológica para la vigilancia de la calidad de agua de mar en playas de uso recreativo de Costa Rica*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional]. Repositorio Académico Institucional – Universidad Nacional. http://www.repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/13811/1.TESIS_PLAYAS_UNA_corregida_18-05-17.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Betancourt, J. M., Sánchez, J. G., Mejía-Ladino, L. M., & Cantera, J. R. (2011). Calidad de las aguas superficiales de Bahía Málaga, Pacífico Colombiano. *Acta biológica Colombiana*, 16(2), 175-192. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/15113/26534>
- Bricker, S. B., Ferreira, J. G., & Simas, T. (2003). An integrated methodology for assessment of estuarine trophic status. *Ecological Modelling*, 169(1), 39-60. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(03\)00199-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(03)00199-6)
- Brown, A. C., & McLachlan, A. (2006). *The Ecology of Sandy Shores* (2nd ed.). Amsterdam: Elsevier.
- Garcés-Ordóñez, O. (2016). *Diagnóstico y Evaluación de la Calidad de Aguas Marinas y Costeras en el Caribe y Pacífico Colombianos*, 314.
- Gómez, A. (2019). La economía informal y el turismo en Costa Rica: Estudio de caso en Guanacaste. *Universidad En Diálogo: Revista de Extensión*, 9(1), 11-30. <https://doi.org/10.15359/udre.9-1.1>
- Grey, A., Domínguez, V., & Castellero, M. (2014). Determinación de Indicadores Físicoquímicos y Microbiológicos de en la Bahía de Manzanillo. *I+D Tecnológico*, 10(1), 16-27. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/10>
- Guzmán, Á., Zambrano, M. M., Casanova-Rosero, R. F., Selvaraj, J. J., & Martínez, A. (2014). La condición ecológica de la bahía de Tumaco (Pacífico colombiano): evaluación de la calidad del agua y del fitoplancton. *Boletín Científico CIOH*, 32, 3-16. https://doi.org/10.26640/01200542.32.3_16

- Hamuna, B., Tanjung, R., & Alianto, A. (2019). Assessment of Water Quality and Pollution Index in Coastal Waters of Mimika, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 20(2), 87–94. <https://doi.org/10.12911/22998993/95266>
- Hernández, I., Borroto, D., Castro, M., Caraballo, J., & Falcón, A. (2021). Evaluación de la calidad del agua marina en el Parque Nacional Caguanes, Sancti Spíritus, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 41(2), 1–14. <https://web.s.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=17&sid=90c90c9d-632f-4988-a44e-c926d752f6f1%40redis>
- Hernández-Terrones, L. M., Null, K. A., Ortega-Camacho, D., & Paytan, A. (2015). Water quality assessment in the Mexican Caribbean: Impacts on the coastal ecosystem. *Continental Shelf Research*, 102, 62–72. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2015.04.015>
- IMN. (2008). *Clima en Costa Rica: Pacífico Norte*. <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/31165/PacificoNorte.pdf/4a0e8960-8c51-4390-8a8d-73d9d825d59b>
- Lara-Lara, R., Arreola-Lizarraga, J. A., Calderón-Aguilera, L. E., & Camacho-Ibar, V. F. (2008). Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales. *Capital Natural de México Capital Natural de México*, 1, 109-134. https://www.researchgate.net/publication/312370705_Los_ecosistemas_costeros_insulares_y_epicontinentales
- Laureano-Rosario, A. E., Symonds, E. M., González-Fernández, A., Lizano R., O. G., Mora, D., Rivera, P., Badilla-Aguilar, A., Rueda-Roa, D., Otis, D. B., Harwood, V. J., Cairns, M. R., & Muller-Karger, F. E. (2021). The relationship between environmental parameters and microbial water quality at two Costa Rican beaches from 2002 to 2017. *Marine Pollution Bulletin*, 163, 111957. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111957>
- Lumivero. (2023). *XLSTAT statistical and data analysis solution*. <https://www.xlstat.com/es>
- Martínez, L. L., Giménez, A. P., Oliver, N. A., & Gilabert, J. (2010). Análisis de parámetros físicos, químicos y biológicos en las aguas costeras de la región de Murcia. *Investigación EUITC*, 92–95. <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/2059/apf.pdf>
- Mora, D. A. (2009). Sanitary Conditions of Beach Waters in Jacó: Costa Rica 1986-2008. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 18(1), 5–9. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1409-14292009000100002&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- Mora, D. (1998). Actualización de los criterios microbiológicos para evaluar la calidad del agua en sus diferentes usos Período 1998 - Costa Rica. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 7(13), 1409-1429. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14291998000200003
- Morales-Ramírez, Á., Acuña-González, J., Lizano, O., Alfaro, E., & Gómez, E. (2016). Rasgos oceanográficos en el Golfo Dulce, Pacífico de Costa Rica: una revisión para la toma de decisiones en conservación marina. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 131–160. <https://doi.org/10.15517/rbt.v63i1.23100>
- Moresco, V., Viancelli, A., Nascimento, M. A., Souza, D. S. M., Ramos, A. P. D., Garcia, L. A. T., Simões, C. M. O., & Barardi, C. R. M. (2012). Microbiological and physicochemical analysis of the coastal waters of southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 64(1), 40–48. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.10.026>
- Nguyen, N., & Sevando, M. (2019). Assessing Coastal Water Quality through an Overall Index. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28(4), 2321–2330. <https://doi.org/10.15244/pjoes/90836>
- Pandit, P. R., & Fulekar, M. H. (2017). Quality Characterization of Coastal Water in Gujarat Coast, India. *IOSR Journal of Biotechnology and Biochemistry IOSR-JBB*, 3(4), 8–15. <https://doi.org/10.9790/264X-03040815>
- Panseriya, H. Z., Gosai, H. B., Vala, A. K., Gavali, D. J., & Dave, B. P. (2021). Assessment of surface water of Gulf of Kachchh, west coast of India: A chemometric approach. *Marine Pollution Bulletin*, 170, 112589. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112589>
- Parsons, T., Maita, Y., & Lalli, C. (1984). *A Manual of Chemical & Biological Methods for Seawater Analysis*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-07774-5>

- Picado, A., Alvarez, I., Vaz, N., & Dias, J. M. (2013). Chlorophyll concentration along the northwestern coast of the Iberian Peninsula vs. atmosphere-ocean-land conditions. *Journal of Coastal Research*, 165, 2047–2052. <https://doi.org/10.2112/SI65-346.1>
- Rathoure, A. (2018). Marine biodiversity of Gulf of Kutch located in North-eastern Arabian Sea. *International International Journal of Avian & Wildlife Biology*, 3(4), 312-318. <https://doi.org/10.15406/ijawb.2018.03.00108>
- Roca, E., & Villares, M. (2008). Public perceptions for evaluating beach quality in urban and semi-natural environments. *Ocean & Coastal Management*, 51(4), 314–329. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2007.09.001>
- Rodríguez, I. (2020, September 26). Senasa levanta veda para la extracción y comercialización de moluscos en la costa pacífica. *La Nación*. <https://www.nacion.com/ciencia/medio-ambiente/senasa-levanta-veda-para-la-extraccion-y/MUB7HMST3RBKHCQDMYJ5SNINLI/story/>
- Roth, F., Lessa, G. C., Wild, C., Kikuchi, R. K. P., & Naumann, M. S. (2016). Impacts of a high-discharge submarine sewage outfall on water quality in the coastal zone of Salvador (Bahia, Brazil). *Marine Pollution Bulletin*, 106(1–2), 43–48. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.03.048>
- Samper-Villarreal, J., Sagot-Valverde, J. G., Gómez-Ramírez, E. H., & Cortés, J. (2021). Water Quality as a Potential Factor Influencing Seagrass Change Over Time at Cahuita National Park, Costa Rica. *Caribbean Journal of Science*, 51(1), 72-85. <https://doi.org/10.18475/cjos.v51i1.a9>
- Samsudin, M. S., & Azid, A. (2018). Assessment of Marine Water Quality Index in Mangrove Estuarine: Case study in Setiu River Estuary. *Journal CleanWAS*, 2(2), 16–18. <https://doi.org/10.26480/jcleanwas.02.2018.16.18>
- Sánchez, H., Bolívar-Anillo, H. J., Soto-Varela, Z. E., Aranguren, Y., González, C. P., Villate, D. A., & Anfuso, G. (2019). Microbiological water quality and sources of contamination along the coast of the Department of Atlántico (Caribbean Sea of Colombia). Preliminary results. *Marine Pollution Bulletin*, 142, 303–308. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.054>
- Saravia-Arguedas, A. Y., Vega-Bolaños, H., Vargas-Hernández, J. M., Suárez-Serrano, A., Sierra-Sierra, L., Tisseaux-Navarro, A., Cambronero-Solano, S., & Lugioyo-Gallardo, G. M. (2021). Surface-Water Quality of the Gulf of Papagayo, North Pacific, Costa Rica. *Water*, 13(17), 2324. <https://doi.org/10.3390/w13172324>
- Sardá, R., Ariza, E., Jimenez, J. A., Valdemoro, H., Villares, M., Roca, E., Pintó, J., Martí, C., Fraguell, R., Ballester, R., & Fluviá, M. (2012). El índice de calidad de playas (BQI). *Girona: Documenta Universitaria*, 105-121. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/22302?show=full>
- Segura-Noguera, M., Cruzado, A., & Blasco, D. (2016). The biogeochemistry of nutrients, dissolved oxygen, and chlorophyll a in the Catalan Sea (NW Mediterranean Sea). *Scientia Marina*, 80(S1), 39–56. <https://doi.org/10.3989/scimar.04309.20A>
- Silva, N., & Guzmán, D. (2006). Condiciones oceanográficas físicas y químicas, entre Boca del Guafo y Fiordo Aysén (crucero CIMAR 7 fiordos). *Ciencia y Tecnología del Mar*, 29(1), 25-44. <https://www.redalyc.org/pdf/624/62429103.pdf>
- Strickland, J. D. H., & Parsons, T. R. (1972). *A Practical Handbook of Seawater Analysis* (2nd ed.). Fisheries Research Board of Canada. https://epic.awi.de/id/eprint/39262/1/Strickland-Parsons_1972.pdf
- Tanahara, S., Canino-Herrera, S. R., Durazo, R., Félix-Bermúdez, A., Vivanco-Aranda, M., Morales-Estrada, E., & Lugo-Ibarra, K. del C. (2021). Spatial and temporal variations in water quality of Todos Santos Bay, northwestern Baja California, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 173, 113148. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113148>
- Tosic, M., Restrepo, J. D., Lonin, S., Izquierdo, A., & Martins, F. (2019). Water and sediment quality in Cartagena Bay, Colombia: Seasonal variability and potential impacts of pollution. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 216, 187–203. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.08.013>

- Trujillo, G., & Guerrero, A. (2015). Caracterización fisicoquímica y bacteriológica del agua marina en la zona litoral costera de Huanchaco y Huanchaquito, Trujillo, Perú. *Revista Científica de La Facultad de Ciencias Biológicas*, 35, 23–33. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8143156>
- USEPA. (2006). Chapter 10: Nutrients -- Nitrogen and Phosphorus. *Voluntary Estuary Monitoring Manual*, March. <http://www.epa.gov/owow/estuaries/monitor/>
- Vargas-Zamora, J. A., Acuña-González, J., Sibaja-Cordero, J. A., Gómez-Ramírez, E. H., Agüero-Alfaro, G., & García-Céspedes, J. (2018). Water parameters and primary productivity at four marine embayments of Costa Rica (2000-2002). *Revista de Biología Tropical*, 66(1–1), 211-230. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i1.33297>
- Vivas-Aguas, L. J., & Navarrete-Ramírez, S. M. (2014). *Protocolo indicador, Calidad Ambiental de Agua ICAM* (69). <http://www.invemar.org.co/documents/10182/14479/04+ProtocoloIndicadorCalidaddeAguadigital.pdf/c16bd915-0b24-446b-9fe0-dbbc239111dd>
- Yepes, V. (2004). *La gestión de las playas basándose en normas de calidad y medio ambiente*. <http://personales.upv.es/vyepesp/CICTMAver01.pdf>

CAPÍTULO II: ECOLOGICAL MONITORING: AN ANALYSIS OF HUMAN IMPACT ON SANDY COAST OF THE COSTA RICAN PACIFIC

Artículo 2.

José R. Montiel-Mora¹, Eddy Gómez-Ramírez^{2,3} & Jeffrey A. Sibaja-Cordero^{2,4}

1. Universidad de Costa Rica, Instituto de Investigaciones en Salud, San José, Costa Rica; jose.montielmora@ucr.ac.cr,
2. Universidad de Costa Rica, Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, San José, Costa Rica.
3. Universidad de Costa Rica, Escuela de Química, San José, Costa Rica
4. Universidad de Costa Rica, Escuela de Biología, San José, Costa Rica

Estado: Sometido

Revista: Environmental Monitoring and Assessment

Recibido: 19/07/2023 **Aceptado:**

Abstract

The increasing human pressures on marine-coastal ecosystems, particularly on sandy beaches, directly impact the biological quality of the sands. This study aimed to conduct an ecological monitoring of three sandy beaches in the North Pacific of Costa Rica. Samara and Carrillo are public beaches, and Camaronal have a conservation status as a sea turtle nesting site. Each beach was visited three times. Sand samples were collected for the granulometric analysis, organic matter content, and percentage of carbonates determination. Additionally, the number of crab burrows on the beach and the macrofauna in the lower intertidal were counted. The benthic infauna was evaluated from 15 corers (5.07 cm diameter) per beach during each visit. The solid waste items along a transect in the middle zone of each beach were collected and counted to apply the Clean Coast Index (CCI). The finest sediment is reported by Carrillo while coarse sands are observed at Camaronal. Samara Beach has the highest percentage of carbonates (46.88 ± 2.17 %) and organic matter (3.15 ± 0.44). Camaronal beach showed a higher presence of crab activity with 801 crab burrows during the whole monitoring than Samara and Carrillo beaches with 229 and 179, respectively. In terms of the intertidal zone, the species *Olivella semiestriata* was the most widely distributed organism with a higher population in Carrillo Beach (8 species/m²). The infauna organisms at Camaronal with 11 species were higher than at Samara and Carrillo with six or less species each one. Lastly, 95% of the solid waste collected along the three beaches was plastic. Therefore, human activity, tourism, and characteristics such as beach type and location, including their status as protected areas, can influence the quality of the sands. Consequently,

it is crucial to integrate the analysis of biotic and abiotic factors through ecological monitoring to enhance coastal management by responsible authorities. This will enable appropriate measures to preserve and protect these valuable marine-coastal ecosystems in the future.

Keywords:

Benthic fauna, Impact human, Monitoring, Pollution, Sandy beaches, Solid waste

Resumen

Las crecientes presiones humanas sobre los ecosistemas marino-costeros, particularmente en las playas de arena, impactan directamente en la calidad biológica de las arenas. Este estudio tuvo como objetivo realizar un monitoreo ecológico de tres playas de arena en el Pacífico Norte de Costa Rica. Sámara y Carrillo son playas públicas, y Camaronal tiene un estado de conservación como sitio de anidación de tortugas marinas. Cada playa fue visitada tres veces. Se recolectaron muestras de arena para el análisis granulométrico, contenido de materia orgánica y determinación del porcentaje de carbonatos. Además, se contó el número de madrigueras de cangrejos en la playa y la macrofauna en el intermareal inferior. La fauna bentónica se evaluó a partir de 15 sacatestigos (5,07 cm de diámetro) por playa durante cada visita. Los residuos sólidos a lo largo de un transecto en la zona media de cada playa fueron recolectados y contados para aplicar el Índice de Costa Limpia (ICC). El sedimento más fino es reportado por Carrillo mientras que las arenas gruesas se observan en Camaronal. Playa Samara tiene el mayor porcentaje de carbonatos (46.88 ± 2.17 %) y materia orgánica (3.15 ± 0.44). Playa Camaronal mostró una mayor presencia de actividad de cangrejos con 801 madrigueras de cangrejos durante todo el monitoreo que las playas Samara y Carrillo con 229 y 179, respectivamente. En cuanto a la zona intermareal, la especie *Olivella semistriata* fue el organismo de mayor distribución y población en Playa Carrillo (8 especies/m²). Los organismos de infauna en Camaronal con 11 especies fueron más altos que en Sámara y Carrillo con seis o menos especies cada uno. Por último, el 95% de los residuos sólidos recolectados en las tres playas fueron plásticos. Por lo tanto, la actividad humana, el turismo y características como el tipo y la ubicación de la playa, incluida su condición de áreas protegidas, pueden influir en la calidad de las arenas. En consecuencia, es crucial integrar el

análisis de los factores bióticos y abióticos a través del monitoreo ecológico para mejorar la gestión costera por parte de las autoridades responsables. Esto permitirá tomar medidas apropiadas para preservar y proteger estos valiosos ecosistemas marino-costeros en el futuro.

Palabras clave:

Contaminación, Fauna bentónica, Impacto humano, Monitoreo, Playas arenosas, Residuos sólidos

INTRODUCTION

Sandy beaches are marine-coastal ecosystems that provide direct and indirect services to humans, such as coastal protection, fishing, tourism, research, and recreational activities (Barboza et al., 2021; Fanini et al., 2019; Sardá et al., 2012). Furthermore, cities located by these beaches are characterized by hosting over 50 % of the world's population, resulting in constant and dynamic interactions (Dennison, 2008; Wu et al., 2016). However, widespread development driven by the growth of coastal populations has increased pressure on these ecosystems, leading to significant ecological problems such as habitat alteration, biodiversity decline, and pollution increase (Halpern et al., 2008; Schlacher et al., 2007).

Understanding the impact of human disturbances on the sandy beach ecosystem is one of the main challenges for scientists and managers (Costa et al., 2022). Therefore, indicators or ecological monitoring have been implemented to assess the nature, severity, and spatial extent of human impacts on sandy beaches to evaluate the effectiveness of coastal management (Niemi & McDonald, 2004; Sistema de Áreas de Conservación [SINAC], 2016). Indicators are defined as measurable characteristics of ecosystem function, composition, and structure (Niemi & McDonald, 2004). Some of the most used indicators in sandy beaches are macroinvertebrates such as crustaceans, mollusks, and polychaetes (Costa et al., 2020; Costa & Zalmon, 2021)

In Latin America, studies have been conducted using both biological and anthropogenic indicators that have allowed the description of impact caused by humans on sandy beaches. The most common biological indicators have been hermit and ghost crabs (Blankensteyn, 2006; Ferreira Magalhães et al., 2009; Palacios Martínez, 2009); benthic fauna (Corrales-

Ugalde & Sibaja-Cordero, 2014; Ocaña et al., 2012; Veloso et al., 2006), and tenebrionid beetles *Phaleria maculate* in González et al., (2014). Regarding anthropogenic indicators, studies have quantified solid waste, (García et al., 2006; Rangel-Buitrago et al., 2021; Sibaja-Cordero & Gómez-Ramírez, 2022); grain size, carbonates, and organic matter (Armenta et al., 2011; Sibaja-Cordero, 2021; Sibaja-Cordero et al., 2019)

While sandy beach ecosystems are subject to stress due to human activities, factors such as sediment composition, intertidal width, presence of berms, and organic matter content should be taken into consideration (Defeo & McLachlan, 2005; Rodil et al., 2018). Furthermore, the type of beach, whether dissipative (characterized by gentle slopes, fine sand, and wide surf zones) or reflective (featuring steep slopes, coarser sediment, and narrow surf zones), along with wave action and tides need to be quantified (Checon et al., 2018; Defeo and McLachlan, 2013). In addition, the three primary physical factors affecting macrofauna distribution that have been identified are sediment texture and movement, turbulent climate, and exposure or moisture gradient on the beach surface (McLachlan & Brown, 2017).

The main objective of this study is to implement ecological monitoring at sandy beaches. In the present study case, three beaches of North Pacific of Costa Rica were selected to carry out the measurement of indicators: grain size, carbonate and organic matter content in the sand, benthic fauna, crab activity, and solid waste. Samara and Carrillo are public beaches, and Camaronal have a conservation status of their condition as sea turtle nesting site. It is expected that there will be an association between the obtained results and the intensity of tourism. The public beaches with higher tourist influx and human activities will show a lower abundance of organisms and a higher quantity of solid waste compared to the beach located in a protected area or away from urban areas.

MATERIALS AND METHODS

Study area:

Ecological marine monitoring was conducted on three beaches in Guanacaste, in the Nicoya Peninsula of the North Pacific of Costa Rica: Samara, Carrillo, and Camaronal (Fig. 2.1). More specifically, the beaches are in the North Pacific climatic region and in the western subregion of the Nicoya Peninsula (Instituto Meteorológico Nacional [IMN], 2020).

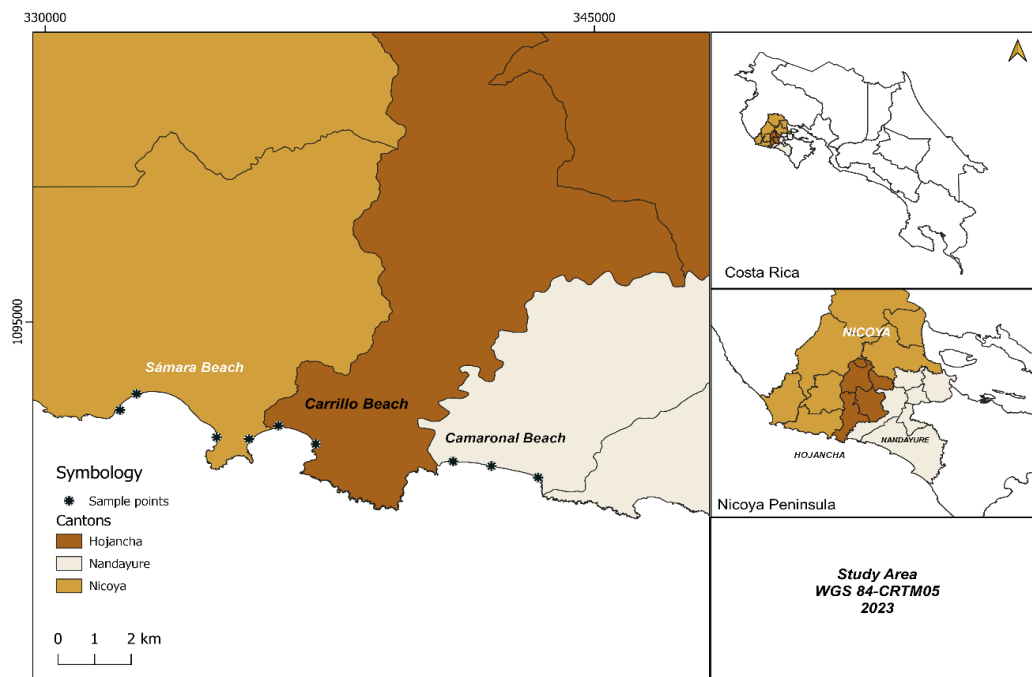


Fig. 2.1. Study area and sample points of Samara, Carrillo y Camaronal beaches, Costa Rica

Samara Beach: It is an easily accessible beach with high tourist appeal and a high number of visitors. It is in the district of Samara, in the canton of Nicoya. It is situated 35 km southwest of the city of Nicoya. Samara has a settlement near the coastline, and within its 4 km stretch there are houses, hotels, hostels, restaurants, shops, travel agencies, and car rentals among others. The beach is characterized as dissipative, with a gentle slope, fine-sized sands, and an average size of 151 microns. It is located within a bay and has a width of 130 m at low tide (Dexter, 1974; Sibaja-Cordero et al., 2015)

Carrillo Beach: It is in the district of Puerto Carrillo, in the canton of Hojancha, approximately 41 km from the city of Nicoya and 7 km from Samara Beach. Unlike Samara, Carrillo does not have a settlement, tourist services, nor commercial establishments along its coastline. The beach extends for approximately 2.75 km and is characterized as dissipative. It is situated within a bay and has fine sand (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, 2013; Sibaja-Cordero et al., 2015).

Camaronal Beach: The beach is located within the Camaronal Wildlife Refuge, in the district of Zapotal in the canton of Nandayure. Being in a protected area, it has opening hours for public access from 7:00 am to 5:00 pm. It is known for providing tourism, research, volunteerism, and environmental education services (Consejo Nacional de Áreas de Conservación [CONAC], 2017). Camaronal has a length of 3 km and is a nesting site for four species of sea turtles: Black turtle (*Chelonia agassizii*), Leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*), Olive ridley turtle (*Lepidochelys olivacea*), and Hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) (CONAC, 2017).

Marine Ecological Monitoring:

Marine ecological monitoring was conducted, which includes both biotic and abiotic factors. Biotic factors include the presence of crab activity (as crab burrows), the number of benthic species in sand samples, and the presence of fauna in the intertidal zone. Abiotic factors include the quantification of solid waste and environmental data, including dominant grain size, organic matter, and carbonates content in the sediment (Sibaja-Cordero, 2018; Sibaja-Cordero et al., 2019; SINAC, 2016). Another measured variable was the average slope of each beach.

Environmental data: To characterize and determine the environmental differences among the three beaches, grain size analysis was performed by collecting three sand samples at the midpoint of each beach. The samples were collected from three strata of each beach (I: Infralittoral, II: Midlittoral, III: Supralittoral) in plastic bags, and the material was dried in an oven at 60 °C for one week. Subsequently, a mass of 200 g was measured and passed through sieves of 4000, 2000, 1000, 850, 710, 500, 300, 250, 125, and 63 microns. The sediment retained in each sieve was weighed, and the percentage of grain size was determined. Grain

size analysis was conducted using GRADISTATV9.1 (Blott & Pye, 2001). The percentage of organic matter and carbonates present in the three samples was also determined. The analysis was performed by loss of mass through ignition (Dean, 1974). The collected sample was placed in an oven at 60 °C for one week. Then, in triplicate, 1 g of the sample was taken and dried at 90 °C for 1 hour. To determine the organic matter, the sediment plus the crucible were weighed and calcined at 550 °C for 5 hours, and then the sediment plus the crucible were weighed again to calculate the weight difference. For carbonates, the sample inside the crucible was placed in the muffle furnace at 1000 °C for 1 h, and the procedure was repeated to calculate the percentage of carbonates (Heiri et al., 2001).

Abundance and species richness: To quantify organisms in the intertidal zone of each beach, a transect of 100 m long and 1 m wide was established at three sampling points during each sampling campaign. The area saturated with water at low tide was walked, and all visible species such as mollusks, polychaetes, and crabs were counted (SINAC, 2016). Additionally, the presence of burrow marks, tubes, or traces of species was recorded (SINAC, 2016). The crab burrows present within three grids of 5 x 5 m in the berm or drying zone of each point in each beach were counted (SINAC, 2016).

Lastly, the number of benthic species was quantified. For this purpose, fifteen samples were taken at the midpoint of each beach per visit. Five corers (5.07 cm diameter and 15 cm into the sediment) were taken at each stratum from high to low tide as in Dexter (1974) and Sibaja-Cordero et al. (2019). The strata were I: Infralittoral, II: Midlittoral, and III: Supralittoral. Each sample was placed in a bag with 95 % ethanol and stained with Rose Bengal. The samples were washed in a 500 µm mesh sieve, and the infauna was sorted from the retained sediment for their quantification (Sibaja-Cordero et al., 2019).

Solid waste: In each monitoring at the midpoint of the beaches, sampling was conducted above the high tide mark or supralittoral zone by establishing a transect measuring 3 m wide and 100 m long parallel to the coastline. All anthropogenic solid waste was collected, sorted, and weighed. It was classified into general groups such as plastic, metals, cellulose materials, and medical-sanitary waste (Sibaja-Cordero & Gómez-Ramírez, 2022; Wenneker & Oosterbaan, 2010).

The classification of the beaches was carried out based on the quantity of waste using the Clean Coast Index (CCI). This index determines the cleanliness state of the beach, ranging from "Very Clean" to "Extremely Clean," according to the scale presented in Table 2.1. The CCI value is calculated using the following equation:

$$CCI = \frac{\sum \text{items de basura}}{\text{Área}} * (K) \quad (1)$$

Where K is a constant with a value of 20 for statistical and convenience reasons (Alkalay et al., 2007).

Table 2. 1. Classification of the beach according to the Clean Coast Index (CCI, Alcalay et al., 2007)

ICC	Type	Description
0 – 2	Very clean	No visible trash
2.1 - 5	Clean	No visible trash in a large área
5.1 - 10	Moderate	Trash can be easily seen
10.1 - 20	Dirty	A lot of trash on the beach
> 20	Extremely dirty	Most of the area covered in trash

Statistical Analysis:

The Kruskal-Wallis test was used to compare significant differences in the median value of each indicator among beaches. The data did not follow a normal distribution (Shapiro-Wilk test). A two-way ANOVA was performed using the fourth root transformation to detect temporal (sampling periods) and spatial (according to the beach) variation for mean crab burrow number sightings and mean abundance of macrofauna from the transects. Additionally, benthic fauna richness between beaches was compared using chi-squared analysis (Zar, 2010). All calculations were performed using the R programming language (version 4.1.2. www.r-project.org).

RESULTS

In contrast to Camaronal which is an exposed and reflective beach, Samara and Carrillo are characterized by being located within a bay and having dissipative characteristics. Their slopes are not as pronounced; with Camaronal having the highest average slope of $4.38 \pm$

1.66 %, followed by Samara (3.50 ± 1.03 %), and finally Carrillo (2.00 ± 1.17 %). The granulometry analysis of the three beaches indicates that Carrillo has the finest grain size as observed in each of the samples during the three monitoring campaigns (Fig. 2.2). According to the Folk and Ward method, sediment is classified as medium to fine sand, with an average size of 247.70 ± 37.30 μm (Table 2.2). Conversely, Samara has an average size of 421.21 ± 300.06 μm , ranging from very fine sand to very coarse sand (Table 2.2). Finally, Camaronal reported the coarsest sand type ranging from medium sand to very fine gravel with an average size of 1072.21 ± 507.82 μm (Table 2.2). The grain size distribution curves (Fig. 2.2) shows that Carrillo exhibits the most homogeneous sediment for all three sampling dates while Camaronal displays the most heterogeneous sediment.

Table 2. 2. Granulometric description of the sediment from Samara, Carrillo, and Camaronal beaches according to Folk and Ward method.

Site	Samara		Carrillo		Camaronal	
	Mean (M_G) μm	Description	Mean (M_G) μm	Description	Mean (M_G) μm	Description
October						
High	1518.3	Very coarse sand	241.3	Fine sand	814.6	Coarse sand
Middle	137.8	Fine sand	218.3	Fine sand	1246.3	Very coarse sand
Low	132.9	Fine sand	203.1	Fine sand	2025.1	Very fine gravel
May						
High	657.0	Coarse sand	273.1	Medium sand	442.4	Coarse sand
Middle	115.9	Very fine sand	238.2	Fine sand	676.5	Medium sand
Low	136.5	Fine sand	255.0	Medium sand	481.2	Medium sand
Jun						
High	266.0	Medium sand	295.7	Medium sand	255.2	Medium sand
Middle	231.1	Fine sand	201.8	Fine sand	1125.2	Very coarse sand
Low	595.4	Coarse sand	302.8	Medium sand	2557.4	Very fine gravel

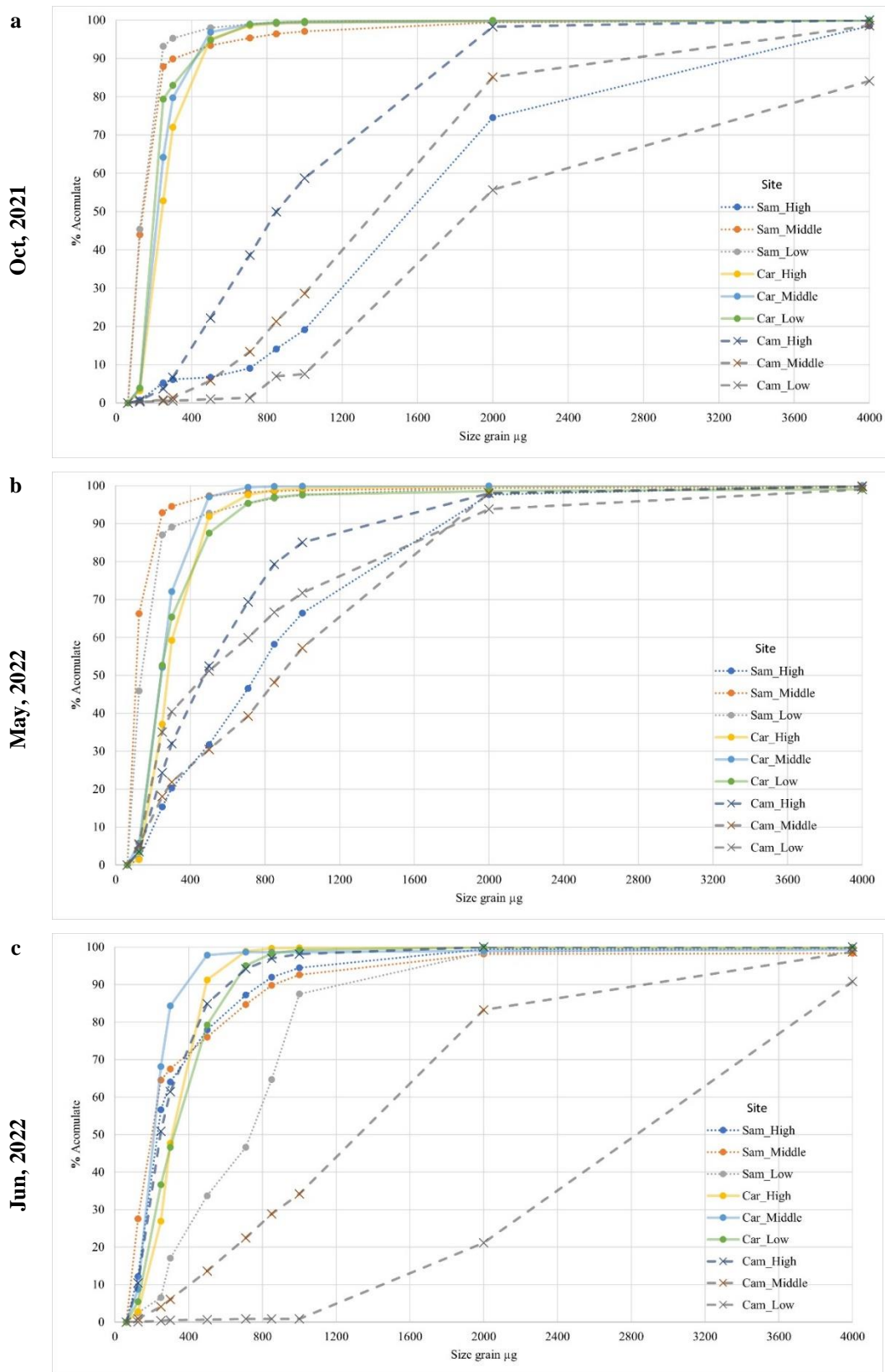


Fig. 2.2. Grain size distribution curves for the three strata in Samara, Carrillo, and Camaronal beaches, per monitoring campaign.

The total organic matter content in the sediments revealed that Samara had the highest average of $3.15 \pm 0.44\%$, followed by Camaronal and Carrillo with $2.87 \pm 0.44\%$ and $1.54 \pm 0.25\%$, respectively. In terms of carbonates, Camaronal exhibited the lowest average of $9.73 \pm 2.03\%$, whereas Carrillo ($35.00 \pm 5.53\%$) and Samara ($46.89 \pm 2.17\%$) had higher percentages. The median values result were similar in the monitoring campaigns for each beach, both for carbonates (Kruskal-Wallis, $n=9$, $p>0.05$) and organic matter (Kruskal-Wallis, $n=9$, $p>0.05$). However, no significant differences were reported between the beaches according to the median percentages of carbonates (Kruskal-Wallis, $n=27$, $p<0.001$) and organic matter (Kruskal-Wallis, $n=27$, $p<0.001$) (Table 2.3).

Table 2. 3. Concentration of organic matter and carbonates present in the sediments of Samara, Carrillo, and Camaronal beaches. Guanacaste

Beach	Organic matter (MO)					Carbonates (CaCO ₃)				
	Mean (%)	Standard deviation (%)	Coefficient of variation (%)	Min	Max	Mean (%)	Standard deviation (%)	Coefficient of variation (%)	Min	Max
October										
Samara	3.39	1.02	30.09	2.61	4.54	44.40	4.93	11.10	38.79	48.03
Carrillo	1.74	0.09	5.17	1.63	1.80	37.12	2.11	5.68	34.92	39.14
Camaronal	3.00	0.46	15.33	2.66	3.53	9.65	2.03	21.04	7.73	11.78
May										
Samara	3.44	0.15	4.36	3.34	3.61	49.06	1.74	3.55	47.61	50.99
Carrillo	1.53	0.50	32.68	1.17	2.10	32.66	8.90	27.25	25.45	42.61
Camaronal	3.24	0.62	19.14	2.71	3.93	11.00	1.57	14.27	9.54	12.67
June										
Samara	2.62	0.31	11.83	2.41	2.98	47.20	0.55	1.17	46.67	47.77
Carrillo	1.37	0.49	35.77	1.01	1.93	35.21	13.69	38.88	22.84	49.93
Camaronal	2.38	0.79	33.19	1.67	3.23	8.52	5.22	61.27	5.08	14.53

Abundance and species richness:

The ecological monitoring conducted during the three campaigns established that the average abundance of macrofauna in the intertidal transect was similar between the sampling dates (Table 2.4 and 2.5, Tukey, $p>0.05$). However, it was observed that Carrillo Beach exhibited the highest average abundance of macrofauna followed by Samara and Camaronal (Table 2.4 and 2.5, Tukey, $p<0.001$). Significant differences were found between Carrillo and Samara ($p<0.001$) and Carrillo and Camaronal ($p<0.001$) according to the Tukey pairwise comparison test. More than 80% of the sightings corresponded to the mollusk species *Olivella semistriata*. The results from the two-way ANOVA indicate similar mean

number of crab burrows between monitoring dates (Table 2.4 and 2.5, Tukey, $p > 0.05$). Nevertheless, significant differences were observed among the beaches, with Camaronal being the beach with the highest average number of observed burrows (Table 2.4 and 2.5, Tukey, $p < 0.001$). According to the multiple comparison tests, significant differences were found between Camaronal and Carrillo ($p < 0.001$) and between Camaronal and Samara ($p < 0.001$). The results of the two-way ANOVA model are presented in Table 2.5.

Table 2. 4. Quantity of macrofauna observed in the transects on the lower intertidal and crab holes in the quadrats in the beach berm or drying zone of Samara, Carrillo, and Camaronal. Guanacaste.

Date	Samara	Carrillo	Camaronal
Macrofauna			
Oct, 2021	451	4205	10
May, 2022	1046	1466	310
Jun, 2022	86	1694	53
Crab holes			
Oct, 2021	122	60	88
May, 2022	30	43	321
Jun, 2022	77	76	392

Table 2. 5. Summary of Two-Way ANOVA. Results considering monitoring date and beach.

Factor	Df	Sum Sq	Mean Sq	F	p-value
Macrofauna					
Date	2	2.54	1.27	0.862	0.439
Location	2	79.97	39.98	27.092	3.73×10^{-6}
Date: Beach	4	6.01	1.50	1.019	0.424
Residuals	18	26.56	1.48		
Crab holes					
Date	2	3.560	1.780	4.192	0.019
Location	2	13.039	6.519	15.356	2.79×10^{-6}
Date: Beach	4	2.926	0.732	1.723	
Residuals	72	30.567	0.425		

As for benthic fauna, a total of 170 organisms were identified with a richness of 14 different taxa (5 marine worms, 3 crustaceans, 2 insects, 1 nemertine, 1 mollusk, 1 nematode, and 1 arthropod) (Fig. 2.3). Crustaceans represented 68 % of the total abundance with 3 taxa followed by nematodes with 13 % and polychaetes with 6 %, the latter being represented by the highest number of taxa with a total of 5 (Table 2.6). The richness among the sites was similar ranged from 5 to 11 taxa ($X^2 = 2.82$, g.l.=1, $p = 0.24$) of total abundance as shown in Table 2.6, varied significantly along the beaches ($X^2 = 127.28$, $p < 0.001$), ranging from 21 individuals to 126. Camaronal had the highest number of organisms and taxa followed by

Carrillo and Samara (Table 2.6). Two of the most abundant species were the isopod *Exosphaeroma* sp. and nematodes, which were present in the three beaches. These two species were accounted together for a combined total of 114 individuals, representing 67% of the total organisms found.

Table 2. 6. Number of specimens collected per species in each of the beaches. Guanacaste

Group	Phylum	Species	Taxon	Samara	Carrillo	Camaronal
Mollusca	Mollusca	Snails	<i>Olivella semistriata</i>	-	9	-
Crustaceans	Peracarida	Isopods	<i>Exirolana braziliensis</i>	2	-	6
			<i>Exosphaeroma</i> sp.	13	5	74
			<i>Ancinus panamensis</i>	-	-	16
Insects	Hexapoda	Coleoptera	Staphylinidae indet.	1	-	1
		Neoptera	Psocoptera indet.	1	-	1
Marine worms	Annelida	Polychaetes	<i>Pisione</i> sp.	-	-	1
			<i>Saccociridae</i> indet.	-	-	6
			<i>Scolecipis</i> sp.	-	-	1
			Aricidea indet.	-	1	-
			<i>Pisionidae indica</i>	-	1	-
Nemertean	Nemertean	Ribbon worms	Nemertea indet.	-	-	1
Nematodes	Nematode	Nematodes	Nematoda indet.	4	5	13
Arthropods	Arachnid	Mites	Halacaridae indet.	-	2	6
Total specimens collected				21	23	126
Total species			Richness	5	6	11

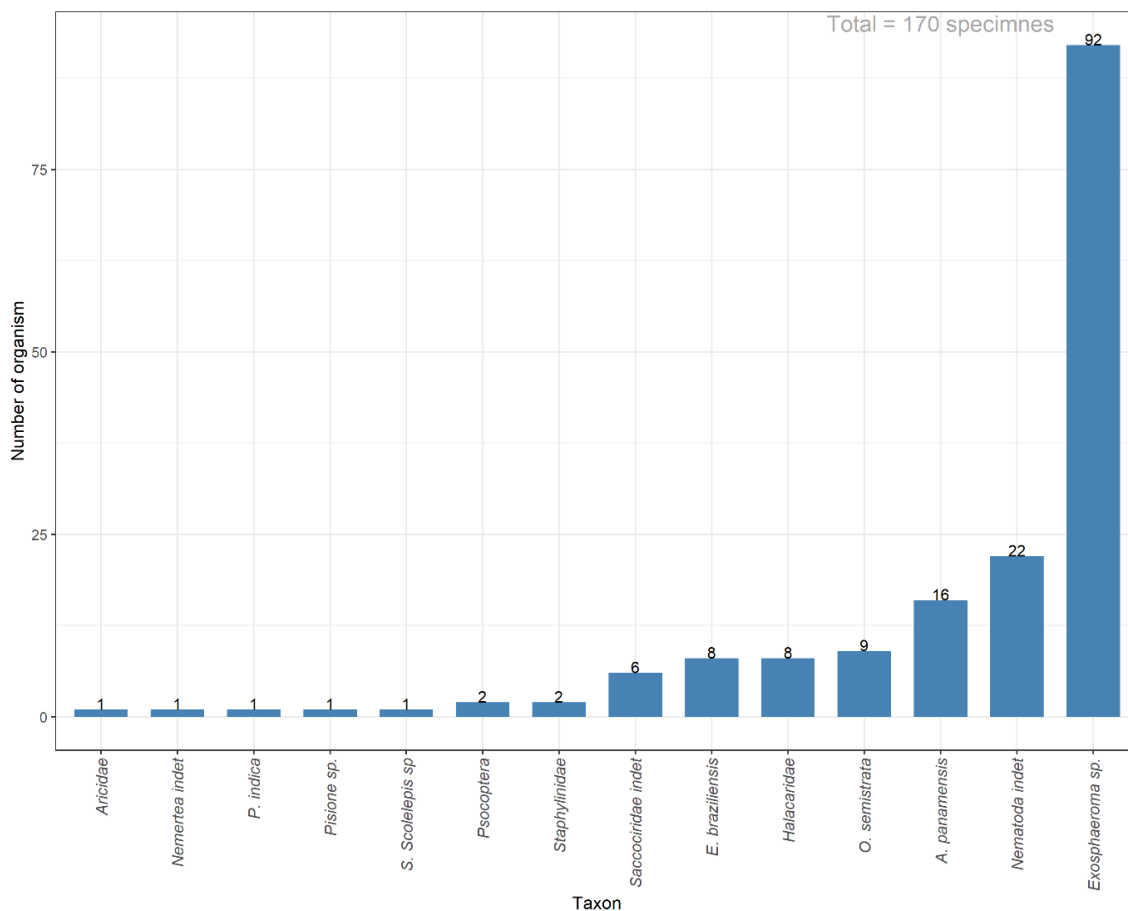


Fig. 2.3. Count of identified taxa in Samara, Carrillo, and Camaronal

Regarding vertical distribution, it was observed that the highest abundance of organisms was recorded in the Infralittoral zone with 121 individuals distributed among 12 taxa compared to 29 individuals in the Midlittoral and 20 in the Supralittoral (Table 2.7, $X^2 = 102.24$, $p < 0.001$). The most frequently observed organisms in the Infralittoral zone were the mollusk *Olivella semistriata* in Carrillo and the Nematoda indet and isopods *Exosphaeroma* sp. and *Ancinus panamensis* in Camaronal.

Table 2. 7. Vertical zonation of Samara, Carrillo y Camaronal, Guanacaste

Taxon	Infralittoral	Midlittoral	Supralittoral
<i>Olivella semistriata</i>	9	-	-
<i>Exirolana braziliensis</i>	1	1	6
<i>Exosphaeroma</i> sp.	74	18	-
<i>Ancinus panamensis</i>	16	-	-
Staphylinidae indet.	1	1	-

Psocoptera indet.	-	1	1
<i>Pisione</i> sp.	1	-	-
<i>Saccociridae</i> indet.	5	1	-
<i>Soolelepis</i> sp.	1	-	-
<i>Aricidea</i> indet.	1	-	-
<i>Pisionidae indica</i>	1	-	-
Nemertea indet.	-	1	-
Nematoda indet.	9	5	8
Halacaridae indet.	2	1	5
Richness	12	8	4
Total	121	29	20

Solid waste:

The total amount of solid waste found was 1898 objects distributed in plastic, metal, medical-sanitary, and cellulose materials totaling 20 different elements according to the OSPAR classification (Wenneker & Oosterbaan, 2010). A total weight of 2375 kg was obtained with a density of 0.90 g/m² and 0.70 obj/m² (Table 2.8). The overall composition of the waste was 95 % plastic, 4 % medical-sanitary waste, 0.5 % cellulose materials, and 0.4 % metal waste.

The beach that reported the highest abundance of solid waste was Carrillo Beach (1.27 obj/m²), followed by Samara (0.52 obj/m²), and Camaronal (0.32 obj/m²). However, in terms of weight density, Samara had the lowest proportion (0.30 g/m²), followed by Camaronal (0.68 g/m²), and finally Carrillo (1.66 g/m²). On the other hand, the first campaign accounted for 70 % of the total collected waste, followed by the third campaign with 18 %, and the second campaign with 12 %. Figure 2.4 shows the distribution of waste found by the beach and monitoring campaign.

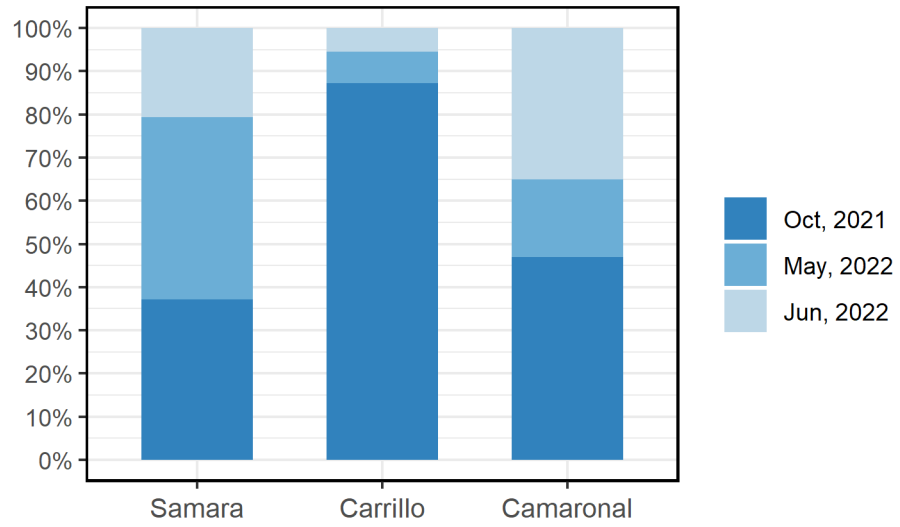


Fig. 2.4. Distribution of solid waste by beach and monitoring campaign (1-Oct 2020, 2-May 2021, 3-Jun 2021)

Table 2. 8. List of marine debris found in Samara, Carrillo, and Camaronal. Guanacaste. The beach-specific list is provided in annexes 3.

Type	Ítems	OSPAR code	Amount	Relative amount (%)	Amount density (obj/m ²)	Weight (g)	Proportion by weight (%)	Weight density (g/m ²)
Plastics	Bottles	4/5	6	0.32	0.01	228.85	9.63	0.01
	Other bottles, containers, and drums	12	1	0.05	0.00	106.5	4.48	0.01
	Cigarette lighters	16	3	0.16	0.01	44.12	1.86	0.00
	Tangled nets/cord/rope and string	33	6	0.32	0.01	56.55	2.38	0.00
	Straws	22	74	3.90	0.05	32.96	1.39	0.00
	Cutlery	22	5	0.26	0.02	8.89	0.37	0.00
	Crisp/sweet packets	19	75	3.95	0.03	18.49	0.78	0.00
	Other plastic	48	2	0.11	0.00	21.9	0.92	0.00
	Polystyrene 0 cm > < 50 cm	46/117	110	5.80	0.05	65.73	2.77	0.00
	Shoes/sandals	44	5	0.26	0.01	96.25	4.05	0.00
	Caps/lids	15	239	12.59	0.11	515.06	21.68	0.01
	Plastic pieces 0 cm > < 50 cm	46/117	1170	61.64	0.43	989.27	41.65	0.02
	Plastic pieces > 50 cm	47	1	0.05	0.00	32.16	1.35	0.00
	Cigarette butts	64	179	9.43	0.20	34.24	1.44	0.00
Medical-sanitary	Syringes	104	1	0.05	0.00	53.18	2.24	0.01
	Toothbrush	102	1	0.05	0.00	46.6	1.96	0.01
	Mask	102	1	0.05	0.00	3.08	0.13	0.00
Cellulosic	Paper	67	13	0.68	0.01	8.52	0.36	0.00
	Pencil	74	1	0.05	0.00	3.28	0.14	0.00
Metal	Bottle caps rings	77	5	0.26	0.02	9.79	0.41	0.00

Additionally, the calculation of the Clean Coast Index (CCI) by Alkalay et al. (2007) was applied per monitoring campaign considering the differences in recovered waste for each campaign (Table 2.8). The values indicate that the campaign categorized the beach as extremely dirty (Carrillo I-Campaign) and had a high degree of plastic objects, accounting 99 % of the total waste collected. As for the campaigns that were categorized as moderate and clean (Camaronal I-II-III, Carrillo I-II, and Samara III) they had the lowest amount of waste below 150 objects (Table 2.9).

Table 2. 9. Characterization of Samara, Carrillo, and Camaronal according to the Clean Coast Index (CCI) based on the number of objects per monitoring campaign.

Beach	Campaign	obj/m ²	Peso (g/m ²)	ICC	Tipo
Samara	I	0.58	0.51	11.67	Dirty
	II	0.66	0.28	13.27	Dirty
	III	0.32	0.12	6.47	Moderate
Carrillo	I	3.32	4.61	66.40	Extremely dirty
	II	0.28	0.15	5.60	Moderate
	III	0.21	0.21	4.13	Clean
Camaronal	I	0.45	0.39	8.93	Moderate
	II	0.17	0.54	3.40	Clean
	III	0.33	1.08	6.67	Moderate

DISCUSSION

In the present study, the use of biological indicators for environmental monitoring in sandy beaches may vary due to the specific characteristics of the beaches such as beach type, sediment type, organic matter and carbonate load, and anthropogenic impact (Pombo et al., 2017; Rodil & Lastra, 2022; Santos et al., 2014; Shen et al., 2012).

Sibaja-Cordero (2019) reports a general average of $543 \pm 122 \mu\text{m}$ for grain size in the Costa Rican Pacific; likewise, Samara reports an average of $(421 \pm 300 \mu\text{m})$. Carrillo is below $(247 \pm 24 \mu\text{m})$; similarly, to what is reported in Caribbean beaches $(258 \pm 27 \mu\text{m})$. Finally, Camaronal $(1069 \pm 505 \mu\text{m})$ is well above the general average. These sediment differences may be attributed to the location and characteristics of the beaches. Samara and Carrillo are located within a bay, and they are dissipative beaches with a gentle slope; whereas, Camaronal is an exposed, reflective beach with a steeper slope. This confirms findings from other studies exposing environments that have coarser sediments instead of dissipative beaches (Incera et al., 2003; Nordstrom & Jackson, 2012).

Regarding organic matter, its presence at the beaches had similar values to other studies conducted in Latin America, ranging from 0.21% to 2.70% (Sibaja-Cordero, 2021; Sibaja-Cordero et al., 2019; Vazquez, 2020). The lowest values were found in Camaronal, which can be attributed to its exposed nature and hydrodynamics that do not favor organic matter accumulation (Incera et al., 2003). Higher levels were obtained in Samara, which could be attributed to anthropogenic contamination from wastewater resulting from the urbanization and tourist development characteristic of the beach. Additionally, the rivers that flow into the

beach can be considered a factor contributing to the presence of organic matter owing to upstream pollution from human activities (Martins et al., 2010; Valerio González et al., 2014).

The measured carbonate concentration showed lower values in Camaronal compared to Samara and Carrillo. Interestingly, the latter two beaches reported higher concentrations than other Pacific beaches (Sibaja-Cordero et al., 2019). The reasons for this discrepancy could potentially be attributed to differences in local geology, oceanic circulation patterns, or variations in biological activity (Pomar, 2001). In addition, the higher percentage of carbonates in Samara could be attributed to the presence of coral reefs on the beach (Cortés & Jiménez, 2003).

Abundance and species richness

Several studies have shown that environmental the previously mentioned factors such as human activities influence the distribution of species within the sandy sediments of beaches. Specifically, it has been observed that beaches with lower tourist visitation and reduced urban impact, as well as those located in protected areas, have a greater presence of crab burrows, hermit crabs, and ghost crabs (Noriega et al., 2012; Palacios Martínez, 2009; Sibaja-Cordero, 2021). For example, this study demonstrated that beaches with higher tourism volume such as Samara and Carrillo have a lower distribution and quantity of crab burrows compared to Camaronal, which is in a protected area with less invasive tourism. It has also been considered that human disturbances such as trampling, tourism activities, and vehicle entry into the berms significantly reduce crab densities on sandy beaches (Gül & Griffen, 2018; Lucrezi et al., 2009). However, it has also been evidenced that not only human activity can influence the distribution and abundance of crabs, but also variables such as erosion processes, temperature, humidity level, and wind can also play a role (Hobbs et al., 2008; Lucrezi et al., 2009; Pombo et al., 2017).

On the other hand, the reported benthic fauna affirms what was indicated by Dexter (1974) and Sibaja-Cordero et al. (2015) regarding the low species richness in the sandy beaches of the Costa Rican Pacific (>2 and <20 species per beach). The data from the three beaches resulted in a richness of 5 to 11 species, which can be considered low according to a study

that establishes that sandy beaches worldwide reach a maximum species richness of 30 (Defeo & McLachlan, 2013). It should be noted that in the same manner to other studies the majority of the species were represented by a small number of individuals (Ellingsen et al., 2007; Rodil & Lastra, 2022). In this study, Camaronal had the highest number of species, which could be due to its location within a protected area and its low tourist influence. Nevertheless, it is possible that the tourist development in Samara and Carrillo has led to a reduction in the diversity of organisms as evidenced by Dexter (1974), where 15 species were reported in Samara while only five species were found in this study.

Nonetheless, the presence of this type of fauna is not only governed by the impact of humans but also by specific beach conditions (Santos et al., 2014; Shen et al., 2012). In this case, the difference in species number between Camaronal and the other two beaches may be associated with sediment heterogeneity and grain size (McArthur et al., 2010). Likewise, the low percentages of organic matter and the high percentage of carbonates in Samara and Carrillo may reduce the capacity to host more specimens in their sediments due to reduced food availability (Alongi, 1989; Sibaja-Cordero, 2021). However, this study does not support what has been indicated and reported by other authors, where dissipative beaches exhibit higher species density than reflective beaches, which may be attributed to stressors such as anthropogenic activities, sea level rise, and global warming (Defeo et al., 2009).

Another process that can influence species density is vertical zonation. In this study, Camaronal and Carrillo showed lower density in the dune zone and higher density in the swash zone; contrary to what has been observed in other studies (Celentano et al., 2019; Sibaja-Cordero et al., 2019), which can be attributed to localized effects such as trampling (Defeo et al., 2009). However, all the species reported in the Infralittoral or stratum I of Carrillo were the mollusks *Olivella semistriata*, which in other studies, are reported to have the highest density in the intertidal zone (Cruz, 2013; Troost et al., 2012). In addition to this finding, it is worth noting that in the quantification of the intertidal fauna more than 90 % of the counted fauna consisted of these snails, confirming what was mentioned by Troost et al. (2012) where *O. semistriata* is the most frequent species on Central American beaches.

Solid waste

An average of 0.70 objects/m² was recorded along the three beaches, which is lower than in other regions such as the Gulf of Nicoya Pacific beaches, the Colombian Caribbean, Brazilian beaches, and beaches in Asian countries (Andrades et al., 2020; Duhec et al., 2015; Rangel-Buitrago et al., 2021; Sibaja-Cordero & Gómez-Ramírez, 2022; Simeonova & Chuturkova, 2020). Regarding plastic waste, the findings align with previous studies that observed over 85 % of the waste found to be plastic. These findings have been reported in studies conducted in Colombia (Rangel-Buitrago et al., 2021), Brazil (Andrades et al., 2020; Jang et al., 2018), Sri Lanka (Jang et al., 2018), and Israel (Alkalay et al., 2007).

However, other studies report a percentage lower than 80 %; nevertheless, plastic remains the most abundant waste found on beaches (Duhec et al., 2015; Rapp et al., 2020; Simeonova & Chuturkova, 2020). In other words, it can be said that plastic waste is the most abundant residue in marine-coastal ecosystems worldwide (Worm et al., 2017).

The Coastal Cleanliness Index (CCI), calculated based on the data from the three campaigns, did not classify any beach as "Very clean" or "Clean," despite the cleaning activities carried out by the Municipalities in the case of Samara and Carrillo and by the Wildlife Refuge or volunteers in Camaronal. However, this negative result has also been obtained in studies conducted in Turkey, Colombia, and Brazil (Akarsu et al., 2022; Marin et al., 2019; Rangel-Buitrago et al., 2021).

The presence of waste at beaches is influenced by tourist and recreational activities as observed in Samara, where the CCI remained in the "Dirty" to "Moderate" range. This trend is consistent with what has been observed in other studies associating pollution primarily with tourist activities (Garcés-Ordóñez et al., 2020; Rangel-Buitrago et al., 2020; Reinold et al., 2020). On the other hand, Camaronal, which has less tourism and is located within a Wildlife Refuge, reports a smaller quantity of waste but of a larger size. This can be attributed to the proximity of the Ora River mouth and its dynamics with tides and waves just like other studies with river influence in the marine litter (Alimba & Faggio, 2019; Auta et al., 2017; Williams & Rangel-Buitrago, 2019).

The data presented in this section together with the studies by García (2006) and Sibaja-Cordero and Gómez-Ramírez (2020) serve as further evidence of the quality and environmental management regarding solid waste in Costa Rican beaches, and they set the stage for decision-making regarding the reduction of plastic use and the fight against pollution in coastal areas. None of the three beaches have accessible garbage bins along their length; instead, there are signs that say, "Take your trash with you." Therefore, it is demonstrated by the results that more work is needed in the management and care of beaches through environmental education, improved cleaning strategies, and increased intervention by the local government.

CONCLUSIONS

It was identified through this ecological monitoring that tourism activity and population growth have a direct impact on the studied beaches and marine-coastal ecosystems in general. A significant presence of solid waste and a low presence of macrofauna and benthic fauna have been observed. Additionally, this study confirms and visualizes what has been realized in many other studies, where coastal management by authorities is weak.

This study integrates useful methods and procedures to serve as a guide for monitoring, prevention, and control programs by local authorities. Furthermore, it highlights the need to create strategies that include the tourism and commercial sectors since beaches are currently one of the main economic drivers of the country and the world.

REFERENCES

- Akarsu, C., Sönmez, V. Z., Altay, M. C., Pehlivan, T., & Sivri, N. (2022). The spatial and temporal changes of beach litter on Istanbul (Turkey) beaches as measured by the clean-coast index. *Marine Pollution Bulletin*, 176, 113407. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113407>
- Alimba, C. G., & Faggio, C. (2019). Microplastics in the marine environment: Current trends in environmental pollution and mechanisms of toxicological profile. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 68, 61–74. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2019.03.001>
- Alkalay, R., Pasternak, G., & Zask, A. (2007). Clean-coast index—A new approach for beach cleanliness assessment. *Ocean & Coastal Management*, 50(5–6), 352–362. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2006.10.002>
- Alongi, D. (1989). Ecology of tropical soft-bottom benthos: a review with emphasis on emerging concepts. *Revista de Biología Tropical*, 85–100.

Andrades, R., Pegado, T., Godoy, B. S., Reis-Filho, J. A., Nunes, J. L. S., Grillo, A. C., Machado, R. C., Santos, R. G., Dalcin, R. H., Freitas, M. O., Kuhnen, V. V., Barbosa, N. D., Adelir-Alves, J., Albuquerque, T., Bentes, B., & Giarrizzo, T. (2020). Anthropogenic litter on Brazilian beaches: Baseline, trends and recommendations for future approaches. *Marine Pollution Bulletin*, 151, 110842. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110842>

Armenta, T. S., Trujillo Arcila, C., & Barrios Vázquez, E. (2011). Macrobenthic communities associated to soft-bottoms in the Southern cost of Taganga Bay, Colombian Caribbean During dry season. *Revista Del Instituto de Investigaciones Tropicales*, 6, 89–100.

Armstrong, E., Degnall, E., Obasare, R., & Scott-Solomon, E. (2010). Sedimentation in Mangrove Forest in Sámara, Costa Rica. Worcester Polytechnic Institute.

Auta, H. S., Emenike, C. U., & Fauziah, S. H. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment International*, 102, 165–176. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.013>

Barboza, C. A. M., Mattos, G., Soares-Gomes, A., Zalmon, I. R., & Costa, L. L. (2021). Low Densities of the Ghost Crab *Ocypode quadrata* Related to Large Scale Human Modification of Sandy Shores. *Frontiers in Marine Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.589542>

Blankensteyn, A. (2006). O uso do caranguejo maria-farinha *Ocypode quadrata* (Fabricius) (Crustacea, Ocypodidae) como indicador de impactos antropogênicos em praias arenosas da Ilha de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(3), 870–876. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752006000300034>

Blott, S. J., & Pye, K. (2001). GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26(11), 1237–1248. <https://doi.org/10.1002/esp.261>

Celentano, E., Lercari, D., Maneiro, P., Rodríguez, P., Gianelli, I., Ortega, L., Orlando, L., & Defeo, O. (2019). The forgotten dimension in sandy beach ecology: Vertical distribution of the macrofauna and its environment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 217, 165–172. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.11.008>

Consejo Nacional de Áreas de Conservación (CONAC). (2017). Plan General del Manejo del Refugio Nacional de Vida Silvestre Camaronal.

Corrales-Ugalde, M., & Sibaja-Cordero, J. A. (2016). Macrofauna bentónica de las playas de arena del Área de Conservación Osa, Puntarenas, Pacífico Sur de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 273–285. <https://doi.org/10.15517/rbt.v63i1.23107>

Costa, L. L., Fanini, L., Zalmon, I. R., Defeo, O., & McLachlan, A. (2022). Cumulative stressors impact macrofauna differentially according to sandy beach type: A meta-analysis. *Journal of Environmental Management*, 307, 114594. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114594>

Costa, L. L., & Zalmon, I. R. (2021). Macroinvertebrates as umbrella species on sandy beaches. *Biological Conservation*, 253, 108922. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108922>

Costa, L. L., Zalmon, I. R., Fanini, L., & Defeo, O. (2020). Macroinvertebrates as indicators of human disturbances on sandy beaches: A global review. *Ecological Indicators*, 118, 106764. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106764>

Cruz, M. (2013). Especies de moluscos submareales e intermareales y macrofauna bentónica de la Bahía de Manta, Ecuador. *Acta Oceanográfica Del Pacífico*, 18(1), 101–115.

Dean, W. (1974). Determination of Carbonate and Organic Matter in Calcareous Sediments and Sedimentary Rocks by Loss on Ignition: Comparison With Other Methods. *SEPM Journal of Sedimentary Research*, Vol. 44. <https://doi.org/10.1306/74D729D2-2B21-11D7-8648000102C1865D>

- Defeo, O., & McLachlan, A. (2005). Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 295, 1–20. <https://doi.org/10.3354/meps295001>
- Defeo, O., & McLachlan, A. (2013). Global patterns in sandy beach macrofauna: Species richness, abundance, biomass and body size. *Geomorphology*, 199, 106–114. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.04.013>
- Defeo, O., McLachlan, A., Schoeman, D. S., Schlacher, T. A., Dugan, J., Jones, A., Lastra, M., & Scapini, F. (2009). Threats to sandy beach ecosystems: A review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 81(1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.09.022>
- Dennison, W. C. (2008). Environmental problem solving in coastal ecosystems: A paradigm shift to sustainability. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 77(2), 185–196. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.09.031>
- Dexter, D. M. (1974). Sandy-beach fauna of the Pacific and Atlantic coasts of Costa Rica and Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 22(1), 51–66.
- Duhec, A. V., Jeanne, R. F., Maximenko, N., & Hafner, J. (2015). Composition and potential origin of marine debris stranded in the Western Indian Ocean on remote Alphonse Island, Seychelles. *Marine Pollution Bulletin*, 96(1–2), 76–86. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.05.042>
- Ellingsen, K. E., Hewitt, J. E., & Thrush, S. F. (2007). Rare species, habitat diversity and functional redundancy in marine benthos. *Journal of Sea Research*, 58(4), 291–301. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2007.10.001>
- Fanini, L., Plaiti, W., & Papageorgiou, N. (2019). Environmental education: Constraints and potential as seen by sandy beach researchers. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 218(December 2018), 173–178. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.12.014>
- Ferreira Magalhães, W., Lima, J. B., Barros, F., & Landim Dominguez, J. M. (2009). Is *Ocypode Quadrata* (Fabricius, 1787) a useful tool for exposed sandy beaches management in Bahia State (Northeast Brazil)? *Brazilian Journal of Oceanography*, 57(2), 149–152.
- Garcés-Ordóñez, O., Espinosa, L. F., Cardoso, R. P., Issa Cardozo, B. B., & Meigikos dos Anjos, R. (2020). Plastic litter pollution along sandy beaches in the Caribbean and Pacific coast of Colombia. *Environmental Pollution*, 267, 115495. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115495>
- García, V., Acuña-González, J., Vargas-Zamora, J. A., & García-Céspedes, J. (2006). Calidad bacteriológica y desechos sólidos en cinco ambientes costeros de Costa Rica. In *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN (Vol. 54))*.
- González, S. A., Yáñez-Navea, K., & Muñoz, M. (2014). Effect of coastal urbanization on sandy beach coleoptera *Phaleria maculata* (Kulzer, 1959) in northern Chile. *Marine Pollution Bulletin*, 83(1), 265–274. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.03.042>
- Gül, M. R., & Griffen, B. D. (2018). Impacts of human disturbance on ghost crab burrow morphology and distribution on sandy shores. *PLOS ONE*, 13(12), e0209977. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209977>
- Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, K. A., Kappel, C. V., Micheli, F., D'Agrosa, C., Bruno, J. F., Casey, K. S., Ebert, C., Fox, H. E., Fujita, R., Heinemann, D., Lenihan, H. S., Madin, E. M. P., Perry, M. T., Selig, E. R., Spalding, M., Steneck, R., & Watson, R. (2008). A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems. *Science*, 319(5865), 948–952. <https://doi.org/10.1126/science.1149345>
- Heiri, O., Lotter, A. F., & Lemcke, G. (2001). Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, 25(1), 101–110. <https://doi.org/10.1023/A:1008119611481>
- Hobbs, C. H., Landry, C. B., & Perry, J. E. (2008). Assessing Anthropogenic and Natural Impacts on Ghost Crabs (*Ocypode quadrata*) at Cape Hatteras National Seashore, North Carolina. *Journal of Coastal Research*, 246, 1450–1458. <https://doi.org/10.2112/07-0856.1>

Incera, M., Cividanes, S. P., López, J., & Costas, R. (2003). Role of hydrodynamic conditions on quantity and biochemical composition of sediment organic matter in sandy intertidal sediments (NW Atlantic coast, Iberian Peninsula). *Hydrobiologia*, 497(1/3), 39–51. <https://doi.org/10.1023/A:1025405519829>

Instituto Meteorológico Nacional. (2020). Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica. 1–32. <https://doi.org/10.15517/psm.v18i2.45179>

Jang, Y. C., Ranatunga, R. R. M. K. P., Mok, J. Y., Kim, K. S., Hong, S. Y., Choi, Y. R., & Gunasekara, A. J. M. (2018). Composition and abundance of marine debris stranded on the beaches of Sri Lanka: Results from the first island-wide survey. *Marine Pollution Bulletin*, 128, 126–131. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.018>

Lucrezi, S., Schlacher, T. A., & Walker, S. (2009). Monitoring human impacts on sandy shore ecosystems: a test of ghost crabs (*Ocypode* spp.) as biological indicators on an urban beach. *Environmental Monitoring and Assessment*, 152(1–4), 413–424. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0326-2>

Marin, C. B., Niero, H., Zinnke, I., Pellizzetti, M. A., Santos, P. H., Rudolf, A. C., Beltrão, M., Waltrick, D. de S., & Polette, M. (2019). Marine debris and pollution indexes on the beaches of Santa Catarina State, Brazil. *Regional Studies in Marine Science*, 31, 100771. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100771>

McArthur, M. A., Brooke, B. P., Przeslawski, R., Ryan, D. A., Lucieer, V. L., Nichol, S., McCallum, A. W., Mellin, C., Cresswell, I. D., & Radke, L. C. (2010). On the use of abiotic surrogates to describe marine benthic biodiversity. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 88(1), 21–32. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2010.03.003>

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. (2013). Plan de Desarrollo Humano Local con elementos de Gestión de Riesgo de Desastres del Cantón de Hojanca 2014-2024.

Niemi, G. J., & McDonald, M. E. (2004). Application of Ecological Indicators. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35(1), 89–111. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.112202.130132>

Nordstrom, K. F., & Jackson, N. L. (2012). Physical processes and landforms on beaches in short fetch environments in estuaries, small lakes and reservoirs: A review. *Earth-Science Reviews*, 111(1–2), 232–247. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2011.12.004>

Noriega, R., Schlacher, T. A., & Smeuninx, B. (2012). Reductions in Ghost Crab Populations Reflect Urbanization of Beaches and Dunes. *Journal of Coastal Research*, 279, 123–131. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-09-00173.1>

Ocaña, F. A. ; Apín, Y., Cala, Y., Vega, A., Fernández, A., & Córdova, E. (2012). Distribución espacial de los macroinvertebrados de playas arenosas de Cuba oriental Item Type Journal Contribution. *Revista de Investigaciones Marinas*, 32(1), 30–37. <http://hdl.handle.net/1834/4546>

Palacios Martínez, G. E. (2009). Senderos Submarinos del Parque Nacional Cahuita; Descripción Biológica. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 1, 231. <https://doi.org/10.15359/revmar.1.13>

Palou, N. (2022). Applying the SES framework to coral reef restoration projects on the Pacific Coast of Costa Rica. Tropical Agricultural Research and Higher Education Center.

Pomar, L. (2001). Ecological control of sedimentary accommodation: evolution from a carbonate ramp to rimmed shelf, Upper Miocene, Balearic Islands. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 175(1–4), 249–272. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(01\)00375-3](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(01)00375-3)

Pombo, M., Oliveira, A., Xavier, L., Siegle, E., & Turra, A. (2017). Natural drivers of distribution of ghost crabs *Ocypode quadrata* and the implications of estimates from burrows. *Marine Ecology Progress Series*, 565, 131–147. <https://doi.org/10.3354/meps11991>

Rangel-Buitrago, N., Barría-Herrera, J., Vergara-Cortés, H., Contreras-López, M., & Agredano, R. (2020). A snapshot of the litter problem along the Viña del Mar - Concón coastal strip, Valparaíso region, Chile. *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111524. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111524>

- Rangel-Buitrago, N., Mendoza, A. V., Mantilla-Barbosa, E., Arroyo-Olarte, H., Arana, V. A., Trilleras, J., Gracia C, A., Neal, W. J., & Williams, A. T. (2021). Plastic pollution on the Colombian central Caribbean beaches. *Marine Pollution Bulletin*, 162, 111837. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111837>
- Rapp, J., Herrera, A., Martínez, I., Raymond, E., Santana, Á., & Gómez, M. (2020). Study of plastic pollution and its potential sources on Gran Canaria Island beaches (Canary Islands, Spain). *Marine Pollution Bulletin*, 153, 110967. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110967>
- Reinold, S., Herrera, A., Hernández-González, C., & Gómez, M. (2020). Plastic pollution on eight beaches of Tenerife (Canary Islands, Spain): An annual study. *Marine Pollution Bulletin*, 151, 110847. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110847>
- Rodil, I. F., & Lastra, M. (2022). Beyond physical control: Macrofauna community diversity across sandy beaches and its relationship with secondary production. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 277, 108083. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2022.108083>
- Rodil, I. F., Lucena-Moya, P., & Lastra, M. (2018). The Importance of Environmental and Spatial Factors in the Metacommunity Dynamics of Exposed Sandy Beach Benthic Invertebrates. *Estuaries and Coasts*, 41(1), 206–217. <https://doi.org/10.1007/s12237-017-0263-9>
- Santos, J. N. S., Gomes, R. de S., Vasconcellos, R. M., Silva, D. de S., & Araújo, F. G. (2014). Effects of morphodynamics and across-shore physical gradients on benthic macroinfauna on two sandy beaches in south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 94(4), 671–680. <https://doi.org/10.1017/S0025315414000010>
- Sardá, R., Ariza, E., Jimenez, J. A., Valdemoro, H., Villares, M., Roca, E., Pintó, J., Martí, C., Fraguell, R., Ballester, R., & Fluviá, M. (2012). El índice de calidad de playas (BQI).
- Schlacher, T. A., Dugan, J., Schoeman, D. S., Lastra, M., Jones, A., Scapini, F., McLachlan, A., & Defeo, O. (2007). Sandy beaches at the brink. *Diversity and Distributions*, 13(5), 556–560. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2007.00363.x>
- Shen, P.-P., Zhou, H., Zhao, Z., Yu, X.-Z., & Gu, J.-D. (2012). Evaluation of sampling sizes on the intertidal macroinfauna assessment in a subtropical mudflat of Hong Kong. *Ecotoxicology*, 21(6), 1706–1716. <https://doi.org/10.1007/s10646-012-0968-2>
- Sibaja-Cordero, J. (2021). Variación temporal ecológica de playas de arena según diferente nivel de conservación en la zona del Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica.
- Sibaja-Cordero, J. A. (2018). Spatial distribution of macrofauna within a sandy beach on the caribbean coast of Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 66(April), S176–S186. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i1.33295>
- Sibaja-Cordero, J. A., Camacho-García, Y. E., Azofeifa-Solano, J. C., & Alvado-Arranz, B. (2019). Ecological patterns of macrofauna in sandy beaches of Costa Rica: A Pacific-Caribbean comparison. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 223, 94–104. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.04.032>
- Sibaja-Cordero, J. A., Camacho-García, Y. E., & Vargas-Castillo, R. (2015). Riqueza de especies de invertebrados en playas de arena y costas rocosas del Pacífico Norte de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 63. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.20033>
- Sibaja-Cordero, J. A., & Gómez-Ramírez, E. H. (2022). Marine litter on sandy beaches with different human uses and waste management along the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Marine Pollution Bulletin*, 175, 113392. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113392>

Simeonova, A., & Chuturkova, R. (2020). Macroplastic distribution (Single-use plastics and some Fishing gear) from the northern to the southern Bulgarian Black Sea coast. *Regional Studies in Marine Science*, 37, 101329. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101329>

Sistema de Áreas de Conservación (SINAC). (2016). Protocolo PRONAMEC: Protocolo para el Monitoreo de las Playas Arenosas.

Troost, A. I., Rupert, S. D., Cyrus, A. Z., Paladino, F. V., Dattilo, B. F., & Peters, W. S. (2012). What can we learn from confusing *Olivella columellaris* and *O. semistriata* (Olivellidae, Gastropoda), two key species in panamic sandy beach ecosystems? *Biota Neotropica*, 12(2), 101–113. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032012000200011>

Vazquez, R. (2020). “Estructura de la comunidad de crustáceos bentónicos de la zona intermareal en playas arenosas de Tuxpan, Veracruz, golfo de México. Universidad Veracruzana.

Veloso, V. G., Silva, E. S., Caetano, C. H. S., & Cardoso, R. S. (2006). Comparison between the macroinfauna of urbanized and protected beaches in Rio de Janeiro State, Brazil. *Biological Conservation*, 127(4), 510–515. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.027>

Wenneker, B., & Oosterbaan, L. (2010). Guideline for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area. www.ospar.org

Williams, A. T., & Rangel-Buitrago, N. (2019). Marine Litter: Solutions for a Major Environmental Problem. *Journal of Coastal Research*, 35(3), 648. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-18-00096.1>

Worm, B., Lotze, H. K., Jubinville, I., Wilcox, C., & Jambeck, J. (2017). Plastic as a Persistent Marine Pollutant. *Annual Review of Environment and Resources*, 42(1), 1–26. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102016-060700>

Wu, M.-L., Wang, Y.-S., Wang, Y.-T., Sun, F.-L., Sun, C.-C., Cheng, H., & Dong, J.-D. (2016). Seasonal and spatial variations of water quality and trophic status in Daya Bay, South China Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 112(1–2), 341–348. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.07.042>

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA GESTIÓN AMBIENTAL EN PLAYA SÁMARA, CARRILLO Y CAMARONAL

INTRODUCCIÓN

La presión ejercida por el turismo y la expansión urbana en los últimos años ha generado un crecimiento socioeconómico que afecta de manera significativa a los espacios marino-costeros, especialmente a las playas (Ariza et al., 2010). Según (Sardá et al., 2012), las playas desempeñan funciones clave como la conservación de la biodiversidad, la protección costera y la satisfacción humana. No obstante, esta demanda antropogénica plantea importantes desafíos para la gestión costera, donde se ha priorizado la función recreativa por encima de las funciones naturales y protectoras de estos espacios (Ariza et al., 2007; Quesada et al., 2018). A pesar de ello, es fundamental que las acciones de gestión, las políticas y la legislación se enfoquen en la protección de este recurso costero (Ariza et al., 2007; Quesada et al., 2018).

La Gestión Costera Integrada (GCI) se presenta como un marco multidisciplinario que tiene como objetivo la integración de aspectos sociales, económicos y ambientales en las áreas marino-costeras, con el fin de beneficiar tanto a la población como al ecosistema (Ramsey et al., 2015). Se basa en la participación ciudadana, el desarrollo de capacidades y la sostenibilidad, lo que permite tomar decisiones que promuevan el desarrollo humano y la protección de los recursos y las zonas costeras (Goble et al., 2014; Yates et al., 2013).

Además, de acuerdo con (Botero et al., 2012) la GCI ha evolucionado hacia un enfoque ecosistémico que abarca tanto las necesidades de conservación ambiental como el desarrollo socioeconómico, convirtiéndose en un modelo de ordenamiento y gestión de las costas. En este sentido, la gestión costera integrada busca establecer vínculos entre la comunidad, la ciencia y los diversos intereses sectoriales, públicos y gubernamentales, con el objetivo de lograr un desarrollo sostenible en las zonas costeras (Samper-Villarreal et al., 2019). Asimismo, que estas acciones de gestión, las políticas se enfoquen en la protección de este recurso costero (Ariza et al., 2007; Quesada et al., 2018).

Las playas brindan beneficios a nivel ecosistémico, desarrollo social y económico, y según el instituto Costarricense de Turismo (ICT), son uno de los principales atractivos turísticos del país (ICT, 2017). Según la legislación nacional, estos ambientes son un recurso

marino-costero, de propiedad nacional y de dominio público, en donde su gestión recae en las Municipalidades o en el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) en caso de estar dentro de un Área Silvestre Protegida (Pérez, 2017). Este estudio se llevó a cabo en Sámara, Carrillo y Camaronal, playas ubicadas en la Península de Nicoya del Pacífico Norte de Costa Rica. Esta región del país tiene una extensión de 130 km de largo y 40 km de ancho, con aproximadamente 40 playas en sus 232 km de costa (Bergoeing, 2007). La Península de Nicoya se encuentra inmersa en el Área de Conservación Tempisque (ACT) que cuenta con 3 Parques Nacionales, un Área de Manejo, 3 Humedales, 11 Refugios de Vida Silvestre, 4 Reservas Naturales y 3 Zonas Protectoras (SINAC, 2018).

METODOLOGÍA

Sitio de estudio

Playa Sámara: Es un lugar de fácil acceso, de gran atractivo turístico y de alta concurrencia en el país. Se encuentra ubicada en el distrito de Sámara, en el Cantón de Nicoya (**Fig. 1**), a 35 km al suroeste de la ciudad de Nicoya. El distrito de Sámara tiene una superficie de 109,51 km² y una población estimada de 4627 habitantes según el Instituto Nacional de Estadística y Censo de Costa Rica (INEC) (INEC, 2021).

Las actividades socioeconómicas en Sámara se basan en el ecoturismo, la pesca de subsistencia y la artesanía. Además, se ofrecen diversos servicios como hoteles, cabinas, bares, restaurantes, sodas, tiendas de ropa, bancos, supermercados, oficinas de viajes y alquiler de vehículos, entre otros (Córdoba & Condorí, 2013). En cuanto a su entorno ambiental, la playa de Sámara se caracteriza por tener una longitud de 4 km, es una playa disipativa, con una suave pendiente y arenas finas de tamaño promedio de 151 micras. Está ubicada dentro de una bahía y tiene un ancho de 130 m en marea baja (Dexter, 1974; Sibaja-Cordero et al., 2014).

Playa Carrillo: se ubica en el distrito de Puerto Carrillo en el Cantón de Hojancha (**Fig. 3.1**), aproximadamente a 41 km de la Ciudad de Nicoya y a 5 km de Playa Sámara. El distrito tiene una extensión de 75,5 km² y, según el INEC cuenta con una población de 1883 habitantes (INEC, 2021). En términos de servicios, Carrillo ofrece una cantidad limitada de restaurantes,

comercios y hoteles. Sin embargo, Carrillo se encuentra muy cerca del distrito de Sámara, que como se mencionó anteriormente, tiene una gran actividad comercial y turística.

En cuanto al entorno de la playa, esta se extiende por 2,75 km aproximadamente y se caracteriza por ser disipativa, ubicada dentro de una bahía y ser de arena fina (Municipalidad de Hojancha, 2013; Sibaja-Cordero et al., 2014).

Playa Camaronal: La playa se extiende por 3 km y se ubica en el distrito de Zapotal, en el Cantón de Nandayure (**Fig. 3.1**). Esta playa está ubicada dentro del Refugio Nacional de Vida Silvestre Camaronal, el cual es administrado por el SINAC a través ACT. Tanto la playa como el refugio cuentan con un plan de manejo desde 2006, el cual tiene como objetivo principal promover el desarrollo sostenible mediante la protección y conservación de la biodiversidad, así como fomentar el desarrollo integral de las comunidades y el ecosistema (Barrantes, 2012).

El refugio fue creado 1994, abarca una extensión de 21,06 km² terrestres y se extiende hasta 22,22 km mar adentro con un área marina de 22 millas náuticas (SINAC & ACT, 2014; SINAC & CONAC, 2017). Este tiene un horario de atención al público de 7:00 a 17:00, se caracteriza por brindar servicios de turismo, investigación, voluntariado y educación ambiental, además, de la pesca de manera deportiva, subsistencia y artesanal en zonas de uso público (SINAC & CONAC, 2017). . Además, la playa es una zona de anidación de cuatro especies de tortugas marinas: Negra (*Chelonia agassizii*), Baula (*Oermochelys coriácea*), Lora (*Lepidochelys olivácea*) y Carey (*Eretmochelys imbricata*) (SINAC & CONAC, 2017).

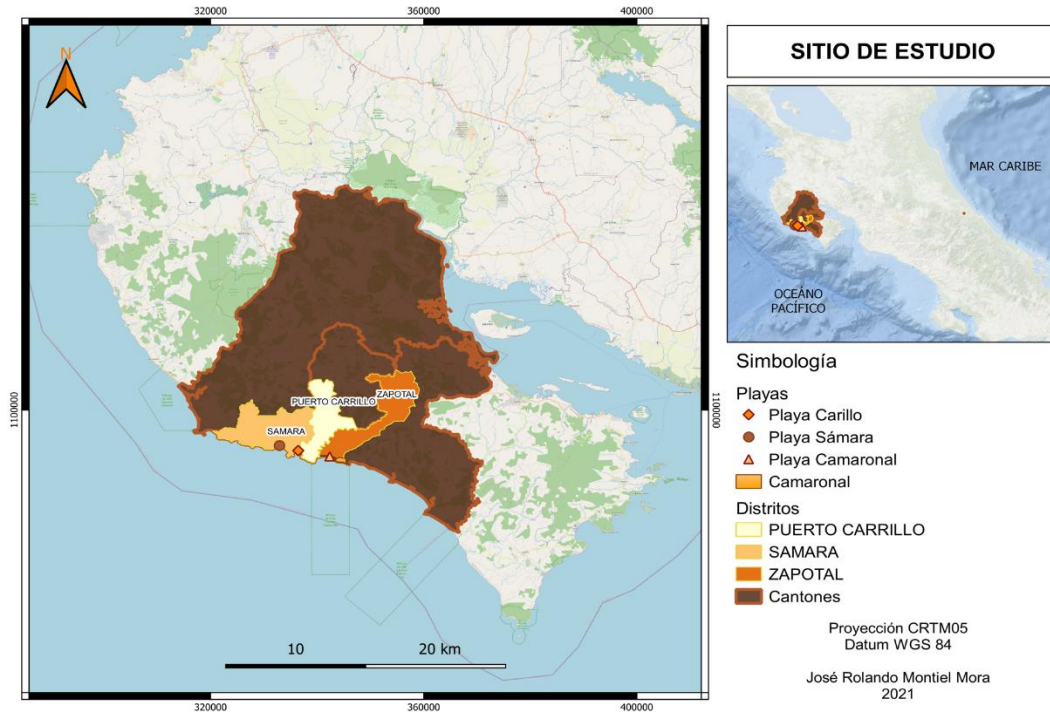


Fig. 3.1. Ubicación geográfica de los tres sitios de estudio: Playas Sámara, Carrillo y Camaronal. Guanacaste, Costa Rica

Recolección de información

Se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas, siguiendo la metodología propuesta por (Batthyány & Cabrera, 2011), en las cuales el investigador encargado determina el orden y la formulación de las preguntas a lo largo de la entrevista. Estas entrevistas se realizaron a los funcionarios responsables de la gestión ambiental en cada una de las playas seleccionadas. Específicamente, se entrevistó a funcionarios de la Municipalidad de Nicoya para Samara, de la Municipalidad de Hojancha para Carrillo y del Sistema Nacional de Áreas de Conservación para Camaronal. El objetivo de las entrevistas fue comprender el manejo y la gestión ambiental en cada una de las playas.

Análisis de datos

Para el análisis de las entrevistas se utilizó la herramienta de nube de palabras, la cual permite extraer información sobre un concepto o temática en específico, en este caso, la gestión costera en cada una de las playas. Las nubes de palabras permiten redefinir expresiones conceptuales desde una representación gráfica, lo cual permite determinar patrones de ideas compartidas por una audiencia determinada (McNaught & Lam, 2010; Romero-Pérez et al., 2018). Las palabras de mayor tamaño fueron las más citadas por cada

uno de los entrevistados, para evitar la aparición de palabras comunes, se eliminaron de las respuestas antes del análisis. Para el análisis se utilizó el lenguaje de programación R, V.4.2.3 (R Core Team, 2023) aplicando el paquete de wordcloud (Fellows, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La percepción de la gestión costera integrada en playas

En esta sección, se presentan los resultados de las entrevistas realizadas al personal encargado de la gestión costera en cada una de las playas. Las entrevistas abordaron diversos temas, como la gestión ambiental, los residuos sólidos, la educación ambiental, la cooperación comunal, el trabajo interinstitucional, la bandera azul, la contaminación costera, las fortalezas y las limitaciones, todos relacionados con la gestión costera integrada.

Durante el proceso, se consultó a las entidades sobre cómo consideraban la gestión ambiental en cada una de las playas. Las respuestas obtenidas se centraron en el manejo y la recolección de los residuos sólidos. Por ejemplo, la Municipalidad de Nicoya consideró que su gestión era adecuada, enfocándose en una buena recolección y manejo de los desechos sólidos tanto en Sámara como en las playas bajo su jurisdicción.

“Los compañeros van, creo dos veces por semana a Sámara, hacer recolección con el camión de lo que son los residuos valorizables. En este caso, serían cartón vidrio y aluminio. Antes de iniciar con el proceso de reciclaje se realizó una campaña de concientización y además también explicarles cómo tienen que separar los residuos, mantenerlos limpios y doblados en caso del cartón. Nosotros por ese lado creo que la municipalidad hizo un muy buen trabajo con los compañeros de gestión ambiental que hicieron un excelente trabajo para que los pobladores de Sámara sobre todo los grandes productores de residuos, como los supermercados, hoteles, restaurantes colaboren y hagan un buen trabajo y hasta la misma comunidad en sí hacen un gran trabajo en ese sentido” (Entrevista personal, Municipalidad de Nicoya, 2022).

Sin embargo, los resultados obtenidos y reportados en este mismo estudio indican que la playa, según el Índice de Costa Limpia (CCI), se encuentra en un estado moderado a sucio (Montiel-Mora et al., 2023). Esto podría atribuirse a la dinámica de la playa, con una alta

afluencia turística que requiere un mayor personal y una limpieza más frecuente. Estos resultados son consistentes con otros estudios realizados en playas con una gran afluencia turística (Rangel-Buitrago et al., 2020; Sibaja-Cordero & Gómez-Ramírez, 2022). Sin embargo, las personas entrevistadas coinciden en el desafío que representan los residuos líquidos para la playa.

“Samara tiene la peculiaridad que la parte de atrás es una gran montaña entonces en tiempo de lluvia se canalizan las aguas, se supone como para que desemboquen en la playa, pero, se supone que solo agua pluvial, agua de lluvia. Sin embargo, si se han tenido algunas denuncias correspondientes a que supuestamente aguas residuales de hoteles o restaurantes han tirado, por así decirlo o hacen el desfogue en lo que es la playa. Pero esta parte no es tanto responsabilidad de la municipalidad como sabemos, la ley de residuos o de aguas o de todas esas cosas le corresponde al Ministerio de Salud” (Entrevista personal, Municipalidad de Nicoya, 2022).

Lo anterior, puede asociarse a los resultados obtenidos en el Montiel-Mora & Gómez-Ramírez (2023), donde Sámara mostró ser la playa con mayor carga de contaminación fecal, principalmente en junio y octubre, meses de mayor lluvia según el Instituto Meteorológico Nacional, así demostrado en otros estudios (Burak et al., 2004; Metilelu et al., 2022). Velar por la regulación y la adecuada descarga de aguas residuales generada por actividades económicas como hoteles y restaurantes no es competencia de las Municipalidades, sin embargo, la cooperación y la comunicación interinstitucional es importante para la protección de los recursos naturales y de la salud de las personas que visitan las playas.

Desde el departamento de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Hojancha se resaltó la gestión de los residuos sólidos en playa de Carrillo. Específicamente, destacó el logro consecutivo del galardón de Bandera Azul desde el año 2017, gracias a la colaboración entre diversas instituciones, la comunidad y los turistas. Como parte de las medidas implementadas, se ha promovido la no utilización de basureros en la playa, con el objetivo de fomentar la responsabilidad de los visitantes en el manejo de los residuos generados durante su estancia y de llevarse lo generado ellos mismos. A continuación, se presenta un extracto de la entrevista que ejemplifica lo mencionado anteriormente.

“Nosotros no tenemos basureros por que se nos hace un basurero la playa verdad, entonces siempre lo que hicimos fue desde un principio rotulaciones como: “la cuota de entrada llévese su basura” y la gente que llega a Puerto Carrillo es gente de la zona o que tiene muchos años de ir a Carrillo, entonces de verdad se llevan su basura. Usted ve y es vacilón porque aunque no haya basureros ahí no hay basura, o sea no encuentra bolsas de basuras ahí tiradas, de hecho las campañas de recolección que nosotros hemos hecho ya las vamos como enfocando a recolección de limpieza de playas pero de microplásticos por que nos encontramos muy poca basura entera pero si mucho microplásticos que no es generado en la playa, sino que viene de otros lados que los arrastran las mareas, entonces ahí nos hemos enfocado” (Entrevista personal, Municipalidad de Hojanca, 2022).

Por su parte, playa Camaronal tiene una dinámica distinta ya que sus residuos son gestionados por los encargados del Refugio de Vida Silvestre y voluntariados, en este caso, el entrevistado del SINAC cita que:

“La parte de manejo de residuos se trabaja mucho con voluntariado, tanto de residuos sólidos que son sacados por el mar, como leñosos ellos también lo gestionan, lo sacan hasta donde sea posible porque interfieren mucho con los procesos de anidación y cuando hay nacimientos que los neonatos y las tortuguitas puedan llegar al mar. Los voluntarios durante el mes toman varios días para recoger y eliminar residuos. Una cuestión importante de Camaronal es que el servicio de recolección de residuos por ser territorio de Nandayure debería ofrecerlo la municipalidad de Nandayure, no lo da por que no tiene ese alcance. Entonces el refugio, lo que han optado es aprovechar la cercanía con Estrada para que la Municipalidad de Hojanca lo asuma y lo lleve a un centro de disposición final” (Entrevista personal, SINAC, oficina subregional de Hojanca-Nandayure, 2022).

Lo mencionado por la Municipalidad de Hojanca y el SINAC con relación a los residuos sólidos, de Carrillo y Camaronal se puede observar en los resultados expuestos en Montiel-Mora et al. (2023), donde resaltan ser las playas de menor cantidad de residuos

sólidos, sin embargo, con una alta frecuencia de plástico pequeño (**Fig. 3.2**). La presencia de estos residuos puede ser debido por la influencia de las mareas, cercanía de ríos y zonas urbanas y no propiamente producto del turismo como lo indican en las entrevistas., este mismo hecho se ha reportado en otros estudios (Leite et al., 2014; Pervez et al., 2020; Rech et al., 2014).



Fig. 3.2. Presencia de residuos plásticos y leñosos A. Playa Carrillo, B. Playa Camaronal.

Durante las entrevistas, también se consultó sobre la cooperación interinstitucional y la educación ambiental. En el caso de Carrillo, la Municipalidad de Hojancha destaca como fortaleza la comunicación entre instituciones, como se refleja en la siguiente cita:

“Una fortaleza que siempre recalco, no solo a nivel municipal, sino en todo el cantón de Hojancha, es que la comunicación y el trabajo interinstitucional es impresionante. La verdad es que se camina por que el trabajo que hacen todas las instituciones y la unión hace que esto camine, somos pocos, en el MINAE son pocos funcionarios, en el Ministerio son pocos, en el MAG también, entonces la coordinación que hay para poder cumplir con todas las metas y todos los objetivos de todas las instituciones hace que Hojancha pueda caminar porque si no, no funcionaría digamos. Yo soy solo una persona en el departamento, y necesito la ayuda del Ministerio de Salud, del MAG y del MINAE para enfrentar denuncias, realizar campañas de recolección y llevar a cabo los planes de Bandera Azul. Si no pudiéramos trabajar en conjunto,

sería difícil. Creo que esa es una gran ventaja que tiene Hojancha” (Entrevista personal, Municipalidad de Hojancha, 2022).

De manera similar, la Municipalidad de Nicoya destaca la cooperación activa con los habitantes y la Cámara de Comercio. Esta última contrata servicios de limpieza y recolección de residuos. Además, la Municipalidad ofrece capacitaciones para implementar una nueva ruta de recolección de residuos reciclables. Por otro lado, Camaronal, debido a su ubicación, tiene una relación más estrecha con la organización no gubernamental (ONG) FUNDECODES que con la comunidad. En palabras de la entrevista:

“FUNDECODES, es una fundación que trabaja muy de la mano con toda el área de conservación. A través de la Fundación se captan algunos recursos de evaluación o de algún tipo de gestión. Ellos apoyan diferentes procesos de la conservación que, de no ser por ellos, no podrían llevarse a cabo debido a las limitaciones presupuestarias. Que por lo tieso que es el Estado en el manejo de presupuesto se vuelve muy difícil, por lo que el apoyo de la fundación se hace indispensable. Además, tienen una relación muy estrecha con el manejo del voluntariado” (Entrevista personal, SINAC, oficina subregional de Hojancha-Nandayure, 2022).

Dentro del Refugio de Vida Silvestre Camaronal, dicha fundación desempeña un papel relevante en tareas como el monitoreo y la vigilancia de proyectos de investigación, labores computacionales, campañas de limpieza de playa, recolección y separación de desechos, así como educación ambiental en escuelas (FUNDECODES, n.d.).

Limitaciones y fortalezas en la GCI en las playas en estudio

Durante las entrevistas se discutieron las limitaciones y dificultades percibidas por las instituciones en relación con la GCI en cada una de las playas. Las tres entidades coinciden en dos limitantes principales: la falta de personal y limitaciones presupuestarias, tal y como se puede apreciar en los siguientes fragmentos de cada una de las entrevistas:

“Limitaciones presupuestarias principalmente y después de personal, es muy difícil llevar a los compañeros hacer limpiezas a menudo, aparte del servicio de recolección de residuos valorizables y de los comunes pues hacer una limpieza en la zona pública o cercanía de manglar o algo así ya es muy muy difícil” (Entrevista personal, Municipalidad de Nicoya, 2022).

“De las principales limitaciones es la parte del recurso de dinero, la Municipalidad de Hojancha no es una Municipalidad que tenga mucho dinero, entonces nos cuesta mucho hacer gestión. Gestión ambiental no tiene un camión, no tiene un carro, la Municipalidad solo tiene un carro, es del alcalde y es el que usamos todos los demás departamentos. Falta de recurso económico, carros, también de personal, entonces eso nos hace no poder reaccionar a tiempo” (Entrevista personal, Municipalidad de Hojancha, 2022).

“Una limitación es la poca relación de la Municipalidad con el Refugio en este caso ellos podrían aportar en mejorar el acceso o la recolección de residuos y la falta de presupuesto” (Entrevista personal, SINAC, oficina subregional de Hojancha-Nandayure, 2022).

En este escenario, estas debilidades son confirmadas por lo mencionado por Samper-Villareal et al. (2020), quienes señalan que, a pesar de contar con una Estrategia Nacional para la Gestión Integral de los Recursos Marinos y Costeros desde 2008, Costa Rica enfrenta limitaciones presupuestarias que impiden satisfacer la demanda nacional y enfrentar los desafíos en las áreas marino-costeras en el contexto de una gestión integrada. Además, en otros lugares del mundo, como Portugal, también se enfrentan dificultades similares, como la superposición y ambigüedad de responsabilidades entre instituciones públicas encargadas de la zona costera. En estos casos, contar con legislación e instrumentos completos no siempre resulta efectivo debido a la falta de coordinación entre estas entidades (Marinho et al., 2019).

En cuanto a las fortalezas, la Municipalidad de Hojancha destaca el trabajo en equipo de la Municipalidad, la cooperación interinstitucional y el interés de la población por

mantener una gestión costera adecuada en beneficio del ecosistema costero y del atractivo turístico.

“Una de las ventajas que tiene la municipalidad a pesar de que sea tan pequeña, de que no tenga plata y poco recurso, es las ganas de trabajar de todos los empleados y esto hace que todo esto camine, entonces damos como esa milla extra para poder a enfrentarse a esos problemas diarios que implica manejar una municipalidad y un municipio” (Entrevista personal, Municipalidad de Hojanca, 2022).

Por su parte, la Municipalidad de Nicoya resalta el departamento de gestión ambiental, que incentiva a la población a mejorar la calidad ambiental de las playas. En el caso de Camaronal, su principal fortaleza radica en la colaboración conjunta con la ONG.

Finalmente, se interrogó sobre la realización de análisis de calidad de agua costera y de la participación en del programa de Bandera Azul Ecológica (BAE) categoría Playas. En este sentido, las tres entidades señalaron que no realizan análisis de calidad del agua debido a limitaciones de tiempo y presupuesto. Sin embargo, han participado en el programa BAE con el objetivo de obtener el galardón.

Según el Instituto Costarricense de Turismo (ICT), en el año 2021 tanto Carrillo como Camaronal obtuvieron el galardón de Bandera Azul. Carrillo fue premiada con dos estrellas blancas y una estrella rosada, mientras que Camaronal recibió una estrella blanca. La obtención de una estrella blanca implica que cumplen entre el 90% y el 100% de los puntos totales de los parámetros base del programa. La obtención de dos estrellas blancas se otorga cuando se cumplen requisitos adicionales, como la presencia de señalización en buen estado para advertir sobre fuertes oleajes, corrientes marinas y la presencia de animales, así como la coordinación y el apoyo de la Cruz Roja durante la temporada alta. Por último, la estrella rosada se otorga como un incentivo a los comités que se capacitan y desarrollan acciones para garantizar la seguridad en la costa y el manejo del riesgo asociado a reptiles semiacuáticos, todo ello con el objetivo de salvaguardar la seguridad física de los visitantes (ICT, s.f.)

Si bien, el programa de Bandera Azul es un reconocimiento que incentiva el manejo, cuidado y gestión adecuada de las playas. Se deben considerar aspectos que podrían mejorar

el programa y la gestión costera por parte de las instituciones, como una mayor vinculación de entre éstas, las comunidades y el sector privado. (Milanés Batista et al., 2020) asocia la falta de estrategias para el manejo sostenible de los recursos con la dificultad de articular una gestión ambiental sin una participación ciudadana clara. Por lo tanto, establecer estrategias que promuevan una mayor participación y concientización de la comunidad y el sector privado en la protección y conservación de las playas puede facilitar la implementación de proyectos conjuntos para mejorar la gestión costera. Por ejemplo, mecanismos de inspección que involucren visitas regulares a las playas por parte de un personal capacitado, con el objetivo de identificar posibles fuentes de contaminación, evaluar el uso de los recursos y detectar cualquier daño ambiental evidente.

En la **Fig. 3.3** se presenta una nube de palabras que resume los temas más recurrentes abordados en las entrevistas realizadas. En ella, se puede observar que las palabras más frecuentes se refieren principalmente a la gestión de residuos sólidos y la limpieza de las playas. Sin embargo, es importante destacar que la gestión costera no se limita únicamente a la recolección de residuos y la limpieza de las playas. También implica abordar otros aspectos como la protección de los ecosistemas marinos y costeros, la conservación de la biodiversidad, el manejo adecuado de los recursos naturales y la implementación de prácticas sostenibles en el desarrollo turístico.

de las comunidades costeras. Para ello, mejorar la comunicación, la participación y el interés en proyectos sociales y de investigación puede facilitar la toma de decisiones y fortalecer las relaciones interinstitucionales en beneficio al ecosistema marino-costero.

Nuestro estudio enlazó temas de agua marina-costera, arenas y la participación de representantes a cargo de la gestión ambiental de cada una de las playas. Estos aspectos, constituyen una parte importante de la GCI que permite tener puntos de referencia para la toma de decisiones. Por ejemplo, es importante incentivar la participación de los actores en proyectos de investigación, promover un mejor conocimiento de la calidad del agua costera a través de análisis fisicoquímicos y microbiológicos, e incluso monitorear el estado actual de las arenas. Lo anterior mediante la creación de enlaces con el sector privado, educativo y organizaciones no gubernamentales.

Este trabajo permitió comprender y comparar la realidad de tres playas arenosas del Pacífico Norte de Costa Rica, cada una con dinámicas turísticas, gestión y manejo diferentes. Esta investigación abre la puerta para llevar a cabo estudios similares en otras playas del país, e incluso para explorar otros temas como la participación ciudadana, la implicación de los visitantes y la colaboración con empresas privadas. Con el fin de lograr un equilibrio entre la conservación y el desarrollo socioeconómico.

REFERENCIAS

- Ariza, E., Jimenez, J. A., Sarda, R., Villares, M., Pinto, J., Fraguell, R., Roca, E., Martí, C., Valdemoro, H., Ballester, R., & Fluvia, M. (2010). Proposal for an Integral Quality Index for Urban and Urbanized Beaches. *Environmental Management*, 45(5), 998–1013. <https://doi.org/10.1007/s00267-010-9472-8>
- Ariza, E., Sardá, R., Jiménez, J. A., Mora, J., & Ávila, C. (2007). Beyond Performance Assessment Measurements for Beach Management: Application to Spanish Mediterranean Beaches. *Coastal Management*, 36(1), 47–66. <https://doi.org/10.1080/08920750701682023>
- Barrantes, F. (2012). Diseño para la conservación de tortugas marinas: instalaciones para el Refugio Nacional de Vida Silvestre Camaronal [Tesis de Licenciatura]. Universidad de Costa Rica.
- Batthyány, K., & Cabrera, M. (2011). Metodología de la Investigación en Ciencias Sociales. Universidad de la República de Uruguay.
- Bergoeing, J. P. (2007). Geomorfología de Costa Rica.
- Botero, C., Cabrera, J. A., & Rodríguez-Perea, A. (2012). Las playas dentro del Manejo Integrado Costero. *Societat d'Història Natural de les Balears*.
- Brody, S. D. (2003). Measuring the Effects of Stakeholder Participation on the Quality of Local Plans Based on the Principles of Collaborative Ecosystem Management. *Journal of Planning Education and Research*, 22(4), 407–419. <https://doi.org/10.1177/0739456X03022004007>

- Burak, S., Dog˘an, E., & Gaziog˘lu, C. (2004). Impact of urbanization and tourism on coastal environment. *Ocean & Coastal Management*, 47(9–10), 515–527. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2004.07.007>
- Córdoba, G., & Condorí, F. (2013). Diagnóstico de comunidades costeras en los distritos de Sámara y Nosara del Cantón de Nicoya, Guanacaste. Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos. https://www.mivah.go.cr/Documentos/investigaciones_diagnosticos/diagnosticos_planes_intervencion/2013/NICOYA/DIAGNOSTICO_NICOYA_ZMT.pdf
- Dexter, D. M. (1974). Sandy-beach fauna of the Pacific and Atlantic coasts of Costa Rica and Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 22(1), 51–66.
- Fellows, I. (2018). Wordcloud: Word Cloud. <https://CRAN.R-project.org/package=wordcloud>
- FUNDECODES. (n.d.). FUNDECODES Equilibrio entre Conservación y Desarrollo. <https://fundecodes.org/contactenos/>
- Goble, B. J., Lewis, M., Hill, T. R., & Phillips, M. R. (2014). Coastal management in South Africa: Historical perspectives and setting the stage of a new era. *Ocean & Coastal Management*, 91, 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.01.013>
- ICT. (n.d.). Programa de Bandera Azul Ecológica. <https://www.ict.go.cr/es/sostenibilidad/bandera-azul.html#criterios>
- ICT. (2017). Principales actividades realizadas por los turistas. <https://www.ict.go.cr/es/documentos-institucionales/estadisticas/cifras-turisticas/actividades-realizadas/1404-principales-actividades/file.html>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos de Costa Rica. (2021). Estadísticas demográficas. 2011 – 2025. Proyecciones nacionales.
- Leite, A. S., Santos, L. L., Costa, Y., & Hatje, V. (2014). Influence of proximity to an urban center in the pattern of contamination by marine debris. *Marine Pollution Bulletin*, 81(1), 242–247. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.01.032>
- Marinho, B., Coelho, C., Hanson, H., & Tussupova, K. (2019). Coastal management in Portugal: Practices for reflection and learning. *Ocean & Coastal Management*, 181, 104874. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104874>
- McNaught, C., & Lam, P. (2010). Using Wordle as a Supplementary Research Tool. *The Qualitative Report*, 15(3), 1–14.
- Metilelu, O. O., Adeniyi, M. O., & Ekum, M. I. (2022). Modelling the Dynamic Effect of Environmental Pollution on Coastal Tourism. *Scientific African*, 17, e01364. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01364>
- Milanés Batista, C., Planas, J. A., Pelot, R., & Núñez, J. R. (2020). A new methodology incorporating public participation within Cuba's ICZM program. *Ocean & Coastal Management*, 186, 105101. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105101>
- Municipalidad de Hojancha. (2013). Plan de desarrollo humano local con elementos de gestión de riesgo de desastre del cantón de Hojancha 2014-2024.
- Pérez, P. (2017). Erosión en playas del Pacífico de Costa Rica: Análisis desde la perspectiva de gestión integrada de áreas costeras tropicales- [Tesis de maestría académica]. Universidad de Costa Rica.
- Pervez, R., Wang, Y., Ali, I., Ali, J., & Ahmed, S. (2020). The analysis of the accumulation of solid waste debris in the summer season along the Shilaoren Beach Qingdao, China. *Regional Studies in Marine Science*, 34, 101041. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101041>
- Quesada, G. C., Klenke, T., & Mejía-Ortíz, L. M. (2018). Regulatory Challenges in Realizing Integrated Coastal Management—Lessons from Germany, Costa Rica, Mexico and South Africa. *Sustainability*, 10(10), 3772. <https://doi.org/10.3390/su10103772>
- R Core Team. (2023). A language and environment for statistical computing. In R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>

- Ramsey, V., Cooper, J. A. G., & Yates, K. L. (2015). Integrated Coastal Zone Management and its potential application to Antigua and Barbuda. *Ocean & Coastal Management*, 118, 259–274. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.04.017>
- Rangel-Buitrago, N., Barría-Herrera, J., Vergara-Cortés, H., Contreras-López, M., & Agredano, R. (2020). A snapshot of the litter problem along the Viña del Mar - Concón coastal strip, Valparaíso region, Chile. *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111524. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111524>
- Rech, S., Macaya-Caquilpán, V., Pantoja, J. F., Rivadeneira, M. M., Jofre Madariaga, D., & Thiel, M. (2014). Rivers as a source of marine litter – A study from the SE Pacific. *Marine Pollution Bulletin*, 82(1–2), 66–75. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.03.019>
- Romero-Pérez, I., Alarcón-Vásquez, Y., & García-Jimenez, R. (2018). Lexicometría: enfoque aplicado a la redefinición de conceptos e identificación de unidades temáticas. *Biblios Journal of Librarianship and Information Science*, 71, 68–80. <https://doi.org/10.5195/biblios.2018.466>
- Samper-Villarreal, J., Mora-Rodríguez, F. D., & Morales-Ramírez, Á. (2019). Integrated Coastal and Marine Management in Costa Rica. *Revista COSTAS*, 67–94. <https://doi.org/10.26359/costas.e104>
- Sardá, R., Ariza, E., & Jimenez, J. (2012). Buscando el uso sostenible de las playas. *Societat D'història Natural de Les Balears*, 1–9.
- Sibaja-Cordero, J. A., Camacho-García, Y. E., & Vargas-Castillo, R. (2014). Riqueza de especies de invertebrados en playas de arena y costas rocosas del Pacífico Norte de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 62, 63–84. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.20033>
- Sibaja-Cordero, J. A., & Gómez-Ramírez, E. H. (2022). Marine litter on sandy beaches with different human uses and waste management along the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Marine Pollution Bulletin*, 175, 113392. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113392>
- SINAC. (2018). Mapa Áreas Silvestres Protegidas. <https://www.sinac.go.cr/ES/ac/act/Paginas/mapa.aspx>
- SINAC, & ACT. (2014). Plan General de Manejo del Refugio Nacional de Vida Silvestre Camaronal.
- SINAC, & CONAC. (2017). Plan General del Manejo del Refugio Nacional de Vida Silvestre Camaronal. San José, Costa Rica.
- Yates, K. L. (2014). View from the wheelhouse: Perceptions on marine management from the fishing community and suggestions for improvement. *Marine Policy*, 48, 39–50. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.03.002>
- Yates, K. L., Payo Payo, A., & Schoeman, D. S. (2013). International, regional and national commitments meet local implementation: A case study of marine conservation in Northern Ireland. *Marine Policy*, 38, 140–150. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.05.030>
- Yates, K. L., & Schoeman, D. S. (2015). Incorporating the spatial access priorities of fishers into strategic conservation planning and marine protected area design: reducing cost and increasing transparency. *ICES Journal of Marine Science*, 72(2), 587–594. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu122>

ANEXOS

Anexo 1.

Tabla. Concentración media de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas marinas costeras de Playa Sámara, Carrillo y Camaronal, Guanacaste

Fecha	Punto	Temperatura (°C)	Salinidad (ups)	OD (mg/L)	SST (mg/L)	DBO (mgO ₂ /L)	Hidrocarburos disueltos (µg/L)	Fosfatos (µmol/L)	Silicatos (µmol/L)	Amonio (µmol/L)	Nitritos (µmol/L)	Nitratos (µmol/L)	Clorofila- a (mg/m ³)	CF (NMP/100mL)	<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	<i>E. faecalis</i> (NMP/100mL)
Oct-21	Sam-1	30.4	16	4.51	22.70	14	nd	0.15±0.09	24.23±1.97	7.40±0.35	7.93±0.35	5.31±0.41	6.12	3.5x10 ³	9.2x10 ²	2.4x10 ³
	Sam-2	29.0	24	5.00	22.14	0.	nq	0.22±0.09	22.16±1.98	9.50±0.35	7.93±0.35	4.50±0.39	6.21	35 x10 ²	3.5x10 ²	3.5x10 ²
	Sam-3	29.5	26	5.30	12.45	0	nd	nd±0.09	85.70±2.75	10.10±0.36	5.76±0.35	5.35±0.38	6.32	1.1x10 ³	1.1x10 ³	5.4x10 ²
	Car-1	30.0	26	4.68	10.82	1	nd	nd±0.09	58.37±2.21	8.05±0.35	7.64±0.35	4.67±0.39	7.71	3.5x10 ²	1.3x10 ²	1.6x10 ³
	Car-2	29.3	25	4.66	8.95	0	nd	0.20±0.08	19.54±1.98	8.48±0.35	7.79±0.35	5.23±0.41	8.26	1.8x10 ⁰	nd	Nd
	Car-3	31.0	28	4.53	9.19	1	nd	0.31±0.09	22.92±1.97	7.51±0.35	6.34±0.35	4.50±0.37	7.81	9.2x10 ²	9.2x10 ²	1.7x10 ³
	Cam-1	29.1	25	5.28	20.00	0	nd	0.16±0.09	30.02±1.97	6.49±0.35	5.47±0.36	6.50±0.40	7.92	nd	nd	4.5x10 ⁰
	Cam-2	29.1	27	5.12	10.82	0	nd	0.25±0.09	82.42±2.67	6.70±0.35	7.35±0.35	4.69±0.39	8.53	2.2x10 ⁰	1.1x10 ¹	3.3x10 ¹
	Cam-3	28.8	26	5.44	8.95	1	nd	0.25±0.09	80.40±2.62	8.10±0.35	7.35±0.35	4.69±0.39	6.54	4.6x10 ²	4.6x10 ²	2.4x10 ³
May-22	Sam-1	31.1	30	7.29	60.30	0	nd	0.66±0.20	8.85±1.83	11.46±0.48	3.14±0.35	6.99±0.34	1.86	2.0x10 ⁰	2.0x10 ⁰	Nd
	Sam-2	30.7	30	5.42	60.36	0	nd	0.76±0.20	7.26±1.85	10.30±0.47	3.02±0.35	3.74±0.32	0.36	nd	nd	Nd
	Sam-3	31.2	30	6.23	54.45	0	nd	1.31±0.20	5.56±1.86	9.76±0.46	3.02±0.35	6.43±0.34	0.90	nd	nd	1.80
	Car-1	30.6	30	3.55	33.11	1	nd	0.95±0.20	15.81±1.79	9.47±0.46	3.69±0.34	4.98±0.33	0.55	nd	nd	Nd
	Car-2	30.3	30	3.78	30.78	0	nd	0.37±0.21	11.11±1.82	10.76±0.47	2.69±0.35	5.42±0.33	0.35	nd	nd	Nd
	Car-3	30.4	31	4.28	26.31	0	nd	0.40±0.21	9.99±1.82	9.34±0.46	2.69±0.35	5.73±0.33	0.93	nd	nd	Nd

	Cam-1	29.6	31	3.90	61.06	0	nd	0.35±0.21	8.48±1.84	9.63±0.46	2.91±0.35	5.25±0.33	0.20	2.0x10 ⁰	2.0x10 ⁰	4.0x10 ⁰
	Cam-2	29.8	32	3.73	45.67	1	nd	1.07±0.21	16.96±1.78	11.67±0.48	3.58±0.35	5.70±0.33	0.19	nd	nd	Nd
	Cam-3	30.0	31	3.95	69.80	0	nd	0.66±0.20	30.57±1.76	9.01±0.46	2.80±0.35	6.92±0.34	0.35	2.0x10 ⁰	2.0x10 ⁰	4.0x10 ⁰
	Sam-1	27.9	30	5.80	25.00	0	nd	0.74±0.21	38.68±1.79	11.46±.48	3.69±0.34	5.77±0.34	2.85	2.0x10 ⁰	4.5x10 ⁰	2.2x10 ¹
	Sam-2	28.2	30	4.50	43.10	0	nq	0.54±0.21	61.51±2.01	9.13±0.46	4.14±0.34	4.33±0.33	4.06	2.0x10 ⁰	1.3x10 ¹	2.7x10 ¹
	Sam-3	28.6	28	5.55	43.07	0	nd	0.45±0.21	91.97±2.58	11.63±0.48	3.02±0.35	5.64±0.33	2.99	2.0x10 ⁰	2.3x10 ¹	1.1x10 ¹
	Car-1	26.7	30	3.82	25.00	0	nd	0.93±0.20	84.70±2.42	10.51±0.47	3.25±0.35	6.11±0.34	1.22	2.0x10 ⁰	4.6x10 ¹	1.3x10 ²
Jun-22	Car-2	27.2	32	4.99	25.82	0	nd	0.61±0.21	36.66±1.78	10.96±0.47	3.36±0.35	6.02±0.34	1.51	2.0x10 ⁰	nd	1.3x10 ¹
	Car-3	26.6	31	3.65	22.30	0	nd	0.73±0.21	48.09±1.86	8.93±0.46	3.36±0.35	5.55±0.33	1.73	2.0x10 ⁰	2.0x10 ⁰	2.3x10 ¹
	Cam-1	27.7	33	3.63	28.61	0	nd	0.81±0.20	32.92±1.76	11.92±0.48	4.14±0.35	5.28±0.33	1.75	2.0x10 ⁰	1.3x10 ²	1.7x10 ²
	Cam-2	26.7	31	4.29	23.65	0	nd	0.80±0.20	96.13±2.66	11.05±0.47	3.58±0.34	3.32±0.32	3.68	7.0x10 ²	2.1x10 ²	2.3x10 ¹
	Cam-3	26.1	30	4.07	29.59	0	nd	0.74±0.20	92.97±2.59	11.46±0.48	3.81±0.35	4.10±0.33	1.22	7.9x10 ²	3.5x10 ²	3.5x10 ²

nd= No detectable: Hidrocarburos 0.02 mg/L, Fosfatos 0.06 µmol/L y microbiológicos 1.8 NPM/100 mL.

Anexo 2.

Tabla. Análisis de componentes principales (PCA) para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el agua costera de Sámara, Carrillo y Camaronal.

Variables	Media	SD	F1	F2	F3	F4	F5
Temperatura	29.10	1.51	0.01	0.87	0.00	0.01	0.10
Salinidad	29	3	0.89	0.06	0.01	0.01	0.01
OD	4.70	0.83	0.02	0.22	0.02	0.73	0.00
Clorofila	3.41	3.06	0.83	0.00	0.13	0.02	0.00
SST	30.89	17.79	0.59	0.17	0.10	0.04	0.00
DBO	1	2	0.54	0.03	0.37	0.00	0.04
Silicatos	41.63	24.81	0.09	0.73	0.03	0.08	0.05
Amonio	9.66	1.39	0.51	0.12	0.30	0.04	0.02
Nitritos	4.57	1.89	0.95	0.00	0.03	0.00	0.00
Nitratos	5.29	0.55	0.23	0.32	0.01	0.02	0.41
Fosfatos	0.54	0.29	0.86	0.01	0.03	0.04	0.00
CF	3.3x10 ²	5.3x10 ²	0.59	0.02	0.38	0.00	0.00
<i>E. coli</i>	1.7x10 ²	2.6x10 ²	0.78	0.00	0.21	0.00	0.00
<i>E. faecalis</i>	3.6x10 ²	4.9x10 ²	0.95	0.01	0.01	0.00	0.00
Valor propio	-	-	7.84	2.55	1.65	0.98	0.66
Variabilidad (%)	-	-	56.02	18.23	11.76	7.03	4.69
% acumulado	-	-	56.02	74.25	86.01	93.04	97.73

Anexo 3.

Table. List of marine debris found in Samara, Carrillo, and Camaronal. Guanacaste.

		Samara		Carrillo		Camaronal		Total			
		Weight (g)	Amount	Weight (g)	Amount	Weight (g)	Amount	Weight (g)	Percentage	Amount	Percentage
Items	OSPAR CODE	272.61	471	1493.09	1142	609.72	285	2375.41	(%)	1898	(%)
Plastic											
Bottles	4/5	-	-	17.33	1	211.52	5	228.85	9.63	6	0.32
Other bottles, containers, and drums	12	-	-	-	-	106.5	1	106.5	4.48	1	0.05
Cigarette lighters	16	6.02	1	38.1	2	-	-	44.12	1.86	3	0.16
Tangled nets/cord/rope and string	33	-	-	56.55	6	-	-	56.55	2.38	6	0.32
Straws	22	-	-	27.79	64	5.18	10	32.96	1.39	74	3.9
Cutlery	22	-	-	8.89	5	-	-	8.89	0.37	5	0.26
Crisp/sweet packets	19	8.47	34	1.93	21	8.09	20	18.49	0.78	75	3.95
Other plastic	48	-	-	14.05	1	7.85	1	21.9	0.92	2	0.11
Polystyrene 0 cm > < 50 cm	46/117	29.27	41	11.26	28	25.2	41	65.73	2.77	110	5.8
Shoes/sandals	44	11.56	2	64.6	2	20.09	1	96.25	4.05	5	0.26
Caps/lids	15	6.8	3	447.29	200	60.98	36	515.06	21.68	239	12.59
Plastic pieces 0 cm > < 50 cm	46/117	163.05	206	666.77	797	159.45	167	989.27	41.65	1170	61.64
Plastic pieces > 50 cm	47	-	-	32.16	1	-	-	32.16	1.35	1	0.05
Cigarette butts	64	33.46	174	0.78	5	-	-	34.24	1.44	179	9.43
Medical-sanitary											
Syringes	104	-	-	53.18	1	-	-	53.18	2.24	1	0.05
Toothbrush	102	-	-	46.6	1	-	-	46.6	1.96	1	0.05
Mask	102	-	--	-	-	3.08	1	3.08	0.13	1	0.05

Cellulosic											
Paper	67	0.9	4	5.82	7	1.8	2	8.52	0.36	13	0.68
Pencil	74	3.28	1	-	-	-	-	3.28	0.14	1	0.05
Metal											
Bottle caps rings	77	9.79	5	-	-	-	-	9.79	0.41	5	0.26