

Propuesta de mejoras para la implementación del monitoreo de residuos sólidos mediante el PRONAMEC en las Áreas Marinas Protegidas de Costa Rica

Proposal for Improvements for the Implementation of solid waste monitoring through PRONAMEC in the Marine Protected Areas of Costa Rica

Sofia Fallas-Flores

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

sofiafallas4@gmail.com

Lilliana Abarca-Guerrero

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

labarca@itcr.ac.cr

Karol Ulate-Naranjo

Universidad Nacional, Costa Rica

karol.ulate.naranjo@una.ac.cr

Recepción: 05 Septiembre 2023

Aprobación: 18 Enero 2024



Acceso abierto diamante

Resumen

Los residuos marinos son uno de los mayores retos ambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad. Costa Rica no es la excepción al problema de contaminación marina ya que gran cantidad de riqueza natural marino costera se está viendo afectada. Las Áreas Marinas Protegidas (AMPs) en Costa Rica resguardan una gran variedad de ecosistemas. Desde su creación, se han hecho esfuerzos para la protección de estas áreas y se ha encontrado la necesidad de implementar un plan de monitoreo para evaluar los cambios que se producen en cuanto a su biodiversidad. El Programa Nacional de Monitoreo Ecológico (PRONAMEC) en el Protocolo para Playas Arenosas tiene un indicador de residuos sólidos, no obstante, la información recopilada mediante la aplicación de este aún no se ha reportado de manera oficial, siendo solamente 3 AMPs las que lo han aplicado (Refugio Nacional de Vida Silvestre Playa Hermosa-Punta Mala, Parque Nacional Marino Las Baulas y la Reserva Biológica Isla del Caño). El propósito del estudio fue identificar las acciones necesarias para la implementación del monitoreo de residuos sólidos, mediante el PRONAMEC, en las AMPs del país, en conjunto con lo establecido en el Plan Nacional de Residuos Marinos de Costa Rica (PNRM) 2021-2030, así como proponer mejoras para la aplicación de este, tomando en cuenta las barreras que existen. Se aplicó una encuesta a 15 encargados de AMPs para conocer la situación del monitoreo de residuos. Se tomaron muestras de residuos en algunas AMPs para determinar la facilidad de implementación del protocolo, y se solicitaron registros del indicador de residuos marinos de algunas AMPs que lo han aplicado, para analizarlos y reportarlos junto a los obtenidos en la presente investigación robusteciendo el sistema para la toma de decisiones nacionales.

Palabras clave: Residuos sólidos, monitoreo, PRONAMEC, Áreas Marinas Protegidas.

Abstract

Marine debris is one of the greatest environmental challenges humanity is currently facing. Costa Rica is not the exception to the problem of marine pollution; large coastal marine natural wealth is being affected. The Marine Protected Areas (MPAs) in Costa Rica protect a great variety of ecosystems. Since their creation, efforts have been made to protect these areas and the need has been found to implement a monitoring plan to evaluate the changes that occur in terms of their biodiversity. The National Ecological

Monitoring Program (PRONAMEC) aims to generate and disseminate reliable scientific information on the conservation of the country's biodiversity for local and national decision-making, in terrestrial, continental and marine waters. PRONAMEC in the Protocol for Sandy Beaches has a litter indicator, however, the information collected through its application has not yet been officially reported, with only 3 MPAs having applied it (Refugio Nacional de Vida Silvestre Playa Hermosa-Punta Mala, Parque Nacional Marino Las Baulas y la Reserva Biológica Isla del Caño). The purpose of this article is to report the necessary actions for the implementation of litter monitoring, through PRONAMEC, in the country's MPAs, overall, with the provisions of the National Marine Waste Plan of Costa Rica (PNRM) 2021- 2030, as well as proposed improvements for its application, considering the barriers that exist. A survey was applied to 15 AMPs managers to determinate the status of litter monitoring. Residue samples were taken in some MPAs to determinate the ease of implementation of the protocol and obtain the first data, and records of marine debris which were requested from some MPAs that have applied it, to analyze and report them together with those obtained in the present investigation, strengthening the system for national decision making.

Keywords: Solid waste, monitoring, PRONAMEC, Marine Protected Areas.

Introducción

Los residuos marinos son uno de los mayores retos ambientales a los que se enfrenta actualmente la humanidad, afectando la riqueza natural marino costera, deteriorando el paisaje costero y generando efectos humanos negativos [1]. Costa Rica no es la excepción al problema ya que se producen aproximadamente 4000 toneladas diarias de residuos sólidos, de los cuales, el 25% terminan en ríos y playas [1].

En el país, existen áreas declaradas de significado especial por sus ecosistemas, la presencia de especies amenazadas, la repercusión en la reproducción y otras necesidades, así como por su significado histórico y cultural, llamadas Áreas Silvestres Protegidas (ASP) [2]. En cuanto a contaminación por residuos sólidos, en muchas de estas AMPs no se aplica un monitoreo de residuos sólidos que permita conocer la cantidad, fuente y comportamiento de estos, que sean útiles para la toma de decisiones nacionales.

Existen protocolos establecidos por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) que han sido desarrollados a través del Programa Nacional de Monitoreo Ecológico (PRONAMEC), de los cuales existe un único indicador de residuos sólidos que se aplica en Playas Arenosas [3], pero aún no se ha reportado de manera oficial los resultados de la implementación de dicho indicador, siendo solamente 3 AMPs las que lo han aplicado (Refugio Nacional de Vida Silvestre Playa Hermosa-Punta Mala, Parque Nacional Marino Las Baulas y la Reserva Biológica Isla del Caño). El propósito del presente artículo es presentar la información del estudio del indicador de residuos sólidos en Playas Arenosas del Protocolo de Monitoreo del PRONAMEC (SINAC), comparar y discutir los datos obtenidos en este estudio con el fin de identificar algunas acciones necesarias para la efectiva implementación de este indicador en las AMPs, y proponer mejoras a la herramienta nacional oficializada para el almacenamiento de datos de residuos marinos.

Marco Teórico

Situación en zonas costeras de Costa Rica

En Costa Rica se producen aproximadamente 4000 toneladas diarias de residuos sólidos, de los cuales, el 25% terminan en ríos y playas. Estudios indican que alrededor de 110 toneladas diarias de plástico se acumulan en el ambiente y la tendencia es que la cifra aumente cada año [1]. El Ministerio de Hacienda reporta una producción anual de al menos 600 millones de botellas de plástico desechables, de las cuales casi el 90% no son recolectadas y terminan acumuladas en cuencas hidrográficas, costas y ambientes marinos [1].

Se ha reportado en el documento de línea base del Plan Nacional de Residuos Marinos 2021-2030 que la investigación en temas de residuos marinos en Costa Rica es incipiente y se desarrolla principalmente en las instituciones de educación superior [4], y que los estudios sobre residuos en las costas, incluyendo microplásticos (<5 mm) y macroplásticos (≥ 25 mm) [5] en playas de Costa Rica, es muy escasa. Distintos grupos de investigación han enfocado sus esfuerzos en la generación de datos [6]. A continuación, se mencionan algunos de estos esfuerzos realizados en Costa Rica:

- En octubre del 2019, la Universidad de Costa Rica (UCR) inicia un primer estudio en las playas de las costas del Pacífico y del Caribe con el objetivo de crear una línea de investigación [7].
- En el 2020 se aprueba un proyecto del Fondo Especial de la Educación Superior (FEES) que involucra un grupo de investigación multidisciplinario de la Universidad Nacional (UNA), el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) y la UCR. Este propone determinar microplásticos en los sectores pesqueros del Golfo de Nicoya y Golfo Dulce, para su posterior comparación [6].
- Actualmente se trabaja en temas relacionados con: monitoreo, metodología para limpieza de playas, gestión de artes de pesca, microplásticos en ambientes y organismos acuáticos de consumo humano y su incidencia en la salud pública y estado de los ecosistemas de arrecifes rocosos de las Áreas Marinas Protegidas [4].

- Además, se desarrolla actualmente el proyecto GloLitter en Costa Rica, que apoya a los países en desarrollo hacia la implementación y el cumplimiento de los marcos regulatorios internacionales, así como buenas prácticas para la prevención, reducción y control de residuos plásticos marinos procedentes de actividades en el mar [8].

- Otro proyecto en ejecución es el que lleva por nombre Prevención de los Residuos Marinos en el mar Caribe (PROMAR) cuyo objetivo es reducir la cantidad de residuos plásticos que llegan al Mar Caribe desde fuentes terrestres promoviendo soluciones de economía circular en Costa Rica, República Dominicana y Colombia [4].

A pesar de estos estudios, Costa Rica ha tenido una deuda histórica con la protección de su riqueza marina, presentando un rezago en la conservación y manejo de la biodiversidad marina y costera, sobre todo si se compara con su esfuerzo realizado hacia la parte terrestre [9]. Sin embargo, durante el 2021 se firmó la ampliación de la cobertura marina de un 2,7% a un 30% para el 2030, ampliando el Parque Nacional Isla del Coco de 2.034 km² a 54.844 km² e incluirá la conservación de Montes Submarinos, y el Área Marina de Manejo del Bicentenario de 9.649 km² a 106.285.56 km² [10].

Monitoreo ambiental

El monitoreo ecológico o ambiental permite realizar un proceso continuo en el tiempo de recolección, análisis y difusión apropiada de información sobre un conjunto específico de variables o indicadores [11].

Las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) son zonas geográficas delimitadas, constituidas por terrenos, humedales y porciones de mar. Han sido declaradas como tales por representar un significado especial por sus ecosistemas, la existencia de especies amenazadas, la repercusión en la reproducción y otras necesidades y por su significado histórico y cultural. Estas áreas estarán dedicadas a la conservación y a la protección de la biodiversidad, el suelo, el recurso hídrico, los recursos culturales y los servicios de los ecosistemas en general (Artículo 58 Ley de Biodiversidad N°7788) [2], [12].

El PRONAMEC es una propuesta metodológica para el seguimiento y evaluación del estado o tendencias de la biodiversidad a nivel nacional, en forma interinstitucional, rigurosa y práctica [13].

En Costa Rica existen diferentes metodologías de recolección y monitoreo de residuos sólidos. La utilizada en el presente estudio es la que pertenece al PRONAMEC, denominado Protocolo de Playas Arenosas, el cual es el único que posee un indicador de residuos marinos. Este se denota como número 5 y se denomina Basura en la playa [14], desarrollado por García et al. [3], el cual consiste en tomar los residuos en una franja de 3 m de ancho y 100 m de longitud, paralela al mar, sobre la berma. Se procede a separar, contar, medir o pesar cada pieza recolectada, salvo estructuras de metal, piezas de madera mayores de 1 m² y desechos sanitarios (que se anotan como presentes). Para su análisis, los residuos se clasifican en cinco grupos generales: vidrios, metales, plásticos, materiales celulósicos y otros. Los resultados se expresan como porcentaje de unidades/100 m. Se anota el criterio sobre la percepción del grado de contaminación de la playa, empleando una escala de (1) limpia, (2) moderadamente sucia (entender como moderadamente limpia), (3) sucia, (4) muy sucia a criterio del tomador de datos; que se le asigna como categoría a la playa. Para ingresar la información a la base de datos se debe indicar la localidad, la fecha, la cantidad pesada de residuos según la categorización recolectada en el transecto. La hoja de Excel propuesta por el protocolo expresa los datos en porcentajes.

Metodología

El estudio consistió en una recolección de información a partir de octubre del año 2021 de forma cualitativa y cuantitativa en algunas playas arenosas de Áreas Marinas Protegidas del país, con el fin de determinar el estado de la implementación de un monitoreo de residuos sólidos en las AMPs de Costa Rica. A continuación, se presenta la forma de obtención de información para cada uno de los tres objetivos de la investigación.

Sitio

Existen 48 Áreas Marinas Protegidas en el país, algunas de ellas con porción de mar, otras con zona de playa y otras con ambas. De las Áreas que poseen porción de mar protegida, 20 se encuentran en el Pacífico y 3 en el Caribe, y, algunas de ellas, a su vez poseen costa. Las restantes solo poseen zona costera y no porción de mar protegida. Se estudiaron las zonas que poseen zona de costera o de playa y que poseen una porción de mar en su administración. En resumen, se estudiaron 12 AMPs en el Pacífico, y 3 en el Caribe, con costa y porción de mar protegida. En el cuadro 1 muestra las AMPs que fueron estudiadas, al Área de Conservación que pertenecen y su extensión.

Cuadro 1
Áreas Marinas Protegidas analizadas y algunas de sus características

Categoría de manejo	ASP	Área de Conservación	Área Marina Protegida (km ²)	Línea de costa (km)
En el litoral Pacífico				
	Santa Rosa	Área de Conservación Guanacaste	463,91	51,65
	Marino Las Baulas	Área de Conservación Tempisque	253,19	15,57
	Marino Ballena	Área de Conservación Osa	52,3	14,68
Parque Nacional	Manuel Antonio	Área de Conservación Pacífico Central	1.244,78	25,38
	Corcovado	Área de Conservación Osa	20,45	41,33
	Piedras Blancas	Área de Conservación Osa	13,56	6,95
	Isla del Coco	Área de Conservación Marina Isla del Coco	1.948,30	30,87
	Ostional	Área de Conservación Tempisque	80,55	17,86
Refugio Nacional de Vida Silvestre	Caletas-Ario	Área de Conservación Tempisque	200,11	9,36
	Playa Hermosa	Área de Conservación Pacífico Central	36,54	11,68
Reserva Nacional Absoluta	Cabo Blanco	Área de Conservación Tempisque	16,12	11,63
Reserva Biológica	Isla del Caño	Área de Conservación Osa	52,07	9,6
En el litoral Caribe				
	Tortuguero	Área de Conservación Tortuguero	526,81	23,6
Parque Nacional	Cahuita	Área de Conservación La Amistad – Caribe	232,9	13,5
Refugio Nacional de Vida Silvestre	Gandoca-Manzanillo	Área de Conservación La Amistad – Caribe	49,84	25,48

Nota: se muestran las Áreas Marinas Protegidas de Costa Rica estudiadas, su clasificación y algunas de sus características más importantes [15].

Entrevistas

Se realizaron entrevistas de tipo estructuradas (ver Anexo 1), a través de la plataforma digital Google Forms a los 15 encargados de cada una de las AMP anteriormente descritas (cuadro 1), con el fin de profundizar sobre el monitoreo de residuos sólidos en cada una de ellas. Además, comprobar si estas Áreas poseen un Plan General de Manejo vigente y si incluyen el estudio o monitoreo de residuos sólidos.

Muestreo

Se realizó un muestreo de residuos sólidos marinos, aplicando el procedimiento de toma de muestras y clasificación descrito anteriormente, en algunas de las playas reconocidas como Áreas Marinas Protegidas. Dichas zonas se escogieron por interés de parte de los encargados por participar en el estudio, por facilidad de transporte o por disponibilidad de personal en ellas. El cuadro 2 muestra las Áreas Protegidas visitadas, las playas muestreadas, la fecha y la estación meteorológica en la que se encontraban.

Cuadro 2
Información sobre las Áreas Marinas Protegidas visitadas

Zona	Área Marina Protegida	Playas muestreadas	Año	Fecha	Estación [16]
Caribe	Parque Nacional Cahuita	Puerto Vargas y Playa Blanca	2021	22 de octubre	Relativamente seca
	Refugio de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo	Playa Manzanillo	2021	24 de octubre	Relativamente seca
Pacífico	Reserva Natural Absoluta Cabo Blanco	Estación San Miguel y Playa Cuevas	2021	19 al 21 de octubre	Transición

Cabe mencionar que se intentó visitar el AMP conocida como Reserva Biológica Isla del Caño, sin embargo, no se obtuvo el permiso para ingresar y realizar el muestreo correspondiente. En su lugar, se realizó un muestreo adicional de residuos sólidos en Isla Violín, en la playa Caleras, cerca de la Reserva. Este se realizó el 18 de diciembre del 2021 y según el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) [16], este mes se encuentra en un periodo de estación seca.

Posterior a la recolección, se separaron los residuos en las 5 categorías que el protocolo recomienda: vidrio, metal, plástico, celulósico y otros. Se contó la cantidad de piezas de cada tipo de residuo, ya que el indicador se expresa como la cantidad de piezas en 100 m. Estos residuos se pesaron utilizando una balanza manual, portátil y digital de 50kg/10gr respectivamente.

Registros

Se solicitaron registros de la cantidad de residuos sólidos en arena de las AMP que han aplicado el indicador de residuos marinos en Playas Arenosas del PRONAMEC. Se solicitaron datos a las 15 AMPs estudiadas y de las 10 encuestas recibidas, 9 de ellas no aplican el indicador o no se obtuvo respuesta ante la solicitud de los datos, y 1 AMP lo ha aplicado.

Resultados y discusión

Encuestas aplicadas

Se obtuvo respuesta de un 67% de las personas consultadas. Las AMPs que brindaron información contestando dicha encuesta fueron las siguientes: Parque Nacional Cahuita, Parque Nacional Isla del Coco, Parque Nacional Marino Las Baulas, Parque Nacional Tortuguero, Refugio Nacional de Vida Silvestre Playa

Hermosa-Punta Mala, Parque Nacional Corcovado, Refugio Nacional de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo, Refugio Nacional de Vida Silvestre Ostional, Reserva Biológica Isla del Caño y Reserva Natural Absoluta Cabo Blanco.

En todas las 10 AMPs de las que se obtuvo respuesta, uno los residuos sólidos encontrados sobre la arena de la playa son envases, envoltorios y tapas plásticas, y en un 80% artículos personales como sandalias, ropa y sombreros. El 100% de los encuestados responden que la mayor fuente de contaminación es el arrastre y diferencia de corrientes marinas que depositan los residuos sólidos en la zona de la playa, y el 60% opina que es debido a desembocaduras de ríos cercanos, ambas respuestas porque reconocen ciertos residuos de determinadas zonas comerciales, porque el residuo tiene algún microorganismo marino adherido, o porque han dejado la zona limpia al recolectar los residuos después de una jornada y posteriormente encuentran otros.

Según la encuesta, 5 de los encargados respondieron que su AMP no posee un Plan General de Manejo (PGM) vigente (un 50%). En algunas de estas Áreas, se encuentra como borrador, no está aprobado, oficializado o actualizado.

Solamente 3 AMPs (de las 10 encuestas respondidas) indicaron que han aplicado el protocolo y obtenido el indicador de residuos sólidos del PRONAMEC, lo cual representa, un 30%.

De las 7 AMPs que no han aplicado el protocolo de monitoreo, el 56% indica que la razón principal de no aplicar el indicador de residuos sólidos para Playas Arenosas es por falta de personal que tome muestras, ya que no se le asigna la tarea a algún guardaparques del Área o a una persona externa, debido a que no existe presupuesto suficiente para cubrir el pago correspondiente.

Además, algunos encargados de las AMPs (el 22%) indican que hay otras actividades consideradas más importantes en el Área que monitorear los residuos sólidos, o que este no se había considerado por parte de la administración del Área.

Visitas y muestreo

El cuadro 3 muestra de forma resumida los muestreos y la cantidad de residuos sólidos en la playa por Área visitada.

Cuadro 3
Cantidad de piezas de residuos sólidos en 100 m en cada AMP visitada

Zona	Área Marina Protegida	Playa muestreada	Muestreo	Fecha muestreo	Hora muestreo	Piezas en 100 m				
						Vidrio	Metal	Plástico	Celulósico	Otros
Caribe	Parque Nacional Cahuita	Puerto Vargas	1	22 de octubre del 2021	2:05 pm a 2:45 pm	5	1	27	0	1
			1	22 de octubre del 2021	4:05 pm a 4:20 pm	0	0	67	17	11
	Refugio Nacional de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo	Playa Manzanillo	2	23 de octubre del 2021	10:27 am a 11:00 am	3	0	51	0	2
			1	24 de octubre del 2021	10:06 am a 10:28 am	3	2	34	4	3
Pacífico Absoluto Cabo Blanco	Reserva Playa Cuevas	Playa Estación San Miguel	1	20 de noviembre del 2021	12:10 am a 12:50 pm	0	4	78	2	4
			1	20 de noviembre del 2021	9:55 am a 11:07 am	2	0	456	12	18

Parque Nacional Cahuita

En el Parque Nacional Cahuita, en la estación de Puerto Vargas, cuando se realiza el cierre en horas de la tarde, el guardaparques encargado recoge los residuos a su vista, sin embargo, no hay registro de estos, ni es una práctica regulada o sigue algún procedimiento específico [17]. En esta zona, se encontraron residuos de vidrio, metal, plástico y otros (cuadro 3). Según la clasificación del indicador de residuos sólidos para Playas Arenosas del PRONAMEC, esta playa tiene una clasificación de limpia, considerando la percepción y cantidad de residuos encontrados.

En Playa Blanca, ocurre una situación parecida a Puerto Vargas, con la diferencia de que en ésta toman fotografías de los residuos recolectados al final de cada jornada y se envían a la dirección del SINAC, sin embargo, los guardaparques no tienen claro si esta información se registra oficialmente y si estos datos se analizan para tomar acciones al respecto [18]. También, el guardaparques Sabayo [18] indicó que hay influencia de playas cercanas donde hay gran contaminación por residuos sólidos debido a las corrientes marinas que se han creado posterior a la construcción del muelle en APM Terminals Moín, donde los residuos son arrastrados y acumulados en el parque.

En cuanto a la aplicación del protocolo PRONAMEC de Playas Arenosas, una guardaparque de Playa Blanca indicó que se requiere una autorización o una directriz de la dirección del SINAC para desarrollarlo, es decir, no tienen autoridad de hacerlo por su cuenta [19], sin embargo, el equipo de planificación de cada Área es el responsable de diseñar, coordinar y elaborar el plan general de manejo del ASP bajo el total liderazgo de la Administración del ASP [24], donde se incluyen las AMPs.

En Playa Blanca, el ICT ha realizado un monitoreo de residuos sólidos cada 2 meses, como parte de las tareas que deben realizar para mantener el galardón del Programa de Bandera Azul Ecológica (PBAE), del cual poseen 5 estrellas. No obstante, en la fecha de este estudio (octubre 2021) se indica que hace varios meses que no lo ejecutan, debido a la pandemia por COVID-19 [19], y no hay planes actuales de retomar este muestreo, percibiéndose una falta de comunicación o interés por los resultados de dichos muestreos.

Para aplicar el protocolo en Playa Blanca, se realizaron 2 muestreos. Del primer muestreo se obtuvo una cantidad mayor de residuos sólidos, tales como plástico de varios tipos, incluyendo cuerdas de pesca; residuos celulósicos y otros; comparado con el segundo muestreo. Del segundo muestreo se esperaba mayor cantidad de residuos, ya que se tomó cerca de una desembocadura del río Suárez que se sitúa en la playa, sin embargo, la cantidad de residuos fue menor (cuadro 3). Hubo ausencia de residuos celulósicos en este segundo muestreo, una disminución del 24% en residuos plásticos y reducción del 82% en residuos clasificados como “Otros”. Esto evidencia que no hay tanta influencia de esta desembocadura en la cantidad de residuos sólidos aportados.

Según la clasificación del indicador de residuos sólidos para Playas Arenosas del PRONAMEC, esta playa tiene una clasificación de limpia.

Refugio de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo

La situación es similar en el Refugio de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo. Se recogen residuos al finalizar las jornadas de trabajo, pero no se lleva ningún registro. Cabe mencionar que en esta zona no hay contenedores para separación de residuos no valorizables ni para residuos valorizables, para evitar así que los animales presentes en el lugar se alimenten de ellos, además de impedir que los visitantes dejen sus residuos en el Área [20]. Esta zona cuenta con rotulación en varios puntos que indica que cada visitante debe llevar sus propios residuos, esto se hace con el objetivo de crear conciencia. Además, no hay un buen servicio de recolección de residuos no valorizables por parte de la municipalidad correspondiente, mencionó una guardaparque del sitio [20].

El plástico fue el residuo más encontrado en Playa Manzanillo, representando el 74% de los residuos presentes, seguido de materiales celulósicos, vidrio, metal y otros. Según la clasificación del indicador de residuos sólidos para Playas Arenosas del PRONAMEC, esta playa tiene una clasificación de limpia, considerando la percepción y cantidad de residuos encontrados.

Reserva Absoluta Cabo Blanco

El AMP muestreada en la zona del Pacífico fue la Reserva Absoluta Cabo Blanco, en la cual se indica por parte de la guardaparque Cerdas [21] que los residuos sólidos que llegan a la zona son el resultado del arrastre de corrientes marinas y no debido a turistas que los visitan, ya que la cantidad de visitantes es muy baja (de 50 a 70 por día) lo que permite tener un mayor control y cuidado de la Reserva y sus recursos.

Se muestrearon dos playas de la Reserva, Playa Cuevas y la ubicada en la Estación San Miguel. En ambas el residuo encontrado en mayor cantidad fue el plástico, en cantidades muy grandes para los 100 m que fueron muestreados. También se encontró vidrio, metal y otros. Según la clasificación del indicador de residuos sólidos para Playas Arenosas del PRONAMEC, estas dos playas podrían clasificarse como regulares, según la percepción y cantidad de residuos encontrados.

En el sector San Miguel también se localizaron gran cantidad de residuos celulósicos, sobre todo madera. En el mes de agosto del año 2021, una embarcación tipo yate chocó en este sector, dejando restos importantes del naufragio en la zona [22], por lo que la gran cantidad de residuos de madera encontrados se pueden relacionar a este suceso.

Reserva Biológica Isla del Caño

Con respecto al interés de realizar un muestreo en la Reserva Biológica Isla del Caño, se realizaron las solicitudes respectivas, pero no se logró obtener un permiso de acceso. Por lo anterior, se realizó un muestreo en Playa Caleras en Isla Violín, la cual es muy cercana a la Reserva antes mencionada. El cuadro 4 muestra la cantidad de residuos sólidos (número de piezas/100 m) para esta playa.

Cuadro 4
Cantidad de piezas de residuos sólidos en 100 m en Playa Caleras Isla Violín

Playa muestreada	Muestreo	Piezas en 100 m				
		Vidrio	Metal	Plástico	Celulósico	Otros
Playa Caleras	1	5	2	39	0	5

Propuesta de mejoras para el monitoreo ambiental de residuos sólidos en playas arenosas en Áreas Marinas Protegidas

Se determinó que la categorización de los residuos sólidos del protocolo es reducida y resulta deficiente para todos los tipos de residuos encontrados. Existe una nueva categorización de residuos sólidos que se propone en el PNRM 2021-2030, mostrada en la figura 1, que posee una clasificación más amplia que permite mejorar el conocimiento de los residuos que se encuentran en cada AMP.

Categoría	Descripción de elementos
Plásticos asociados a pesca	Boyas plásticas, líneas de monofilamento, líneas de multifilamento, redes plásticas, señuelos artificiales, otros
Plásticos asociados a productos de consumo	Botellas, empaques de alimentos plásticos, pajillas, utensilios de alimentos de un solo uso, cigarrillos, otros
Plásticos asociados al uso cotidiano	Bolsas plásticas, encendedores, empaques de estereofón, cajas plásticas, recipientes plásticos, juguetes plásticos, otros
Plástico particulado	Piezas plásticas, fragmentos plásticos de objetos no identificables, trozos de estereofón
Caucho	Botas, llantas, globos, balones, calzado, otros
Tela	Ropa, sábanas y otros
Papel y Cartón	Bolsas de cartón, paquetes de cigarrillos, revistas y hojas de cartón entre otros
Madera	Cajas, madera procesada (menor a 0.5 metros), otros
Metal	Botellas, aerosoles, latas de bebidas, latas de comida
Vidrio	Bombillos, botellas, otros
Cerámica	Macetas, utensilios de cocina, losas de piso o fachadas y tejas
Implementos sanitarios y médicos	Condomes, pañales, aplicadores, tampones, toallas femeninas, jeringas y artículos médicos entre otros
Otros	Tetrapak, juguetes, partes de aparatos eléctricos y electrodomésticos, baterías, otros

Fuente: Elaboración del equipo técnico, Karol Ulate, 2021

Figura 1

Propuesta de clasificación según categorías para residuos sólidos de origen antropogénico 4

Además, es importante que exista una estandarización de la categorización de residuos sólidos en todos los PRONAMEC al igual que las unidades métricas contempladas en la evaluación del indicador [4], ya que resultaría beneficioso contar con datos de este en las demás categorías para cuantificar el estado de los residuos sólidos en los diversos ecosistemas presentes en el país, los cuales podrían ser comparados a su vez entre sí [4].

El protocolo PRONAMEC para Playas Arenosas indica que se debe tomar una muestra en el límite del Área Protegida, otra fuera del Área y otra dentro. Podría ser de gran utilidad, para obtener mayor cantidad de datos y que las muestras sean aún más representativas, delimitar transectos de muestreo con medidas de 50 m o 100 m entre cada punto de muestreo.

Por otro lado, según el PNRM, es importante tener una estrategia unificada para la recopilación de información de los residuos sólidos, por tipo de residuo, con el fin de que puedan compararse entre AMPs y que sirva para toma de decisiones a nivel nacional, por lo que se debe elaborar, implementar y mantener una aplicación electrónica que facilite la incorporación de la información recopilada y que permita monitorear los resultados [4].

Además, es importante tener una plataforma tecnológica que permita el acceso a los estudios realizados, que puedan ser utilizados para el desarrollo de estudios científicos y académicos, y para la toma de decisiones a nivel nacional en el tema de residuos marinos [4], como lo es la plataforma nacional llamada Sistema Nacional de Información Ambiental de Costa Rica (SINIA) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), que ha sido oficializada para el almacenamiento de datos de residuos marinos (Decreto N° 37658) [23].

Las AMPs deberían elaborar un informe por año, incluyendo las mediciones del indicador de residuos sólidos de cada 3 meses, según lo indica el protocolo, con el fin de evaluar el proceso y los resultados obtenidos, y poder así proponer y realizar mejoras.

Por último, durante las visitas a las diferentes Áreas, algunas de estas tenían un fuerte interés por educar al visitante. La rotulación educativa sobre residuos sólidos puede ser de gran ayuda para disminuir la cantidad de estos, creando conciencia en el turista y logrando con esto una playa que se clasifique y mantenga como una playa limpia.

Conclusiones

La contaminación por residuos sólidos es evidente en las costas, incluso en las zonas que han sido declaradas Áreas Protegidas. Muchas de estas, a pesar de los esfuerzos, siguen recibiendo residuos que llegan de fuentes terrestres, otras que abandonan los turistas, producto de las actividades comerciales de la zona y por arrastre de corrientes marinas.

Las playas muestreadas en el Pacífico presentan mayor cantidad de residuos sólidos que las muestreadas en el Caribe, sin embargo, es importante aplicar el indicador en más AMPs para poder realizar comparaciones robustas a lo largo del país y poseer parámetros cotejables en el tiempo. En las Áreas muestreadas del Caribe la clasificación es de limpia, mientras que en las Áreas muestreadas del Pacífico es de regular.

En algunas Áreas Protegidas no se encuentra el Plan General de Manejo actualizado, los cuales son indispensables porque permiten definir una ruta metodológica de los indicadores a aplicar, incluyendo el de residuos sólidos. La desactualización o la falta de monitoreo en algunas ASP evidencia barreras para la aplicación de los indicadores a monitorear.

Una de las mayores barreras para la aplicación del monitoreo de residuos sólidos en las diferentes AMPs es la falta de personal interno o externo que tome muestras, ya que existe una falta de presupuesto para realizar el pago correspondiente a estas personas.

Otra barrera identificada para monitorear los residuos sólidos en las playas de las AMPs es que no se considera el monitoreo de residuos como una de las actividades importantes en el Área, mostrando una falta de comunicación efectiva que logre una toma de decisiones consensuadas entre todos los funcionarios y funcionarias del ASP.

El indicador de residuos sólidos para Playas Arenosas del PRONAMEC es de fácil aplicación, el tiempo requerido es corto y los recursos necesarios para obtenerlo son baratos. La planificación es relativamente sencilla y es indispensable encargar a una o algunas personas para el monitoreo cada 3 meses, obteniendo datos tanto de la época seca como de la lluviosa. Solamente 1 Área Marina Protegida (Refugio Nacional de Vida

Silvestre Playa Hermosa-Punta Mala) de las 15 con porción de playa y mar, ha aplicado con certeza el indicador de residuos sólidos del PRONAMEC para Playas Arenosas.

Se identificaron deficiencias en el indicador de residuos sólidos estudiado en cuanto a la categorización de los residuos sólidos y a la cantidad de los puntos de toma de muestra ya que no resulta tan representativa respecto al tamaño de las playas.

Recomendaciones

Aplicar un monitoreo de residuos sólidos en las playas en las que no se ha realizado, tanto en la época seca como en la lluviosa, como lo recomienda el indicador de residuos sólidos para Playas Arenosas del PRONAMEC, para conocer la fuente los residuos sólidos que llegan a las AMPs y su tendencia a variar.

Priorizar acciones como el monitoreo de residuos sólidos en la playa en el Plan General de Manejo en cada Área, mantenerlo vigente y actualizado.

Presentar un informe anual al equipo de planificación del PGM y los actores sociales clave relacionados con la gestión del ASP y poder así proponer acciones para la mejora en el uso del indicador de residuos sólidos y en la situación de la zona monitoreada.

Realizar talleres o capacitaciones, dirigidos por los encargados de PRONAMEC del SINAC, sobre la importancia del monitoreo de residuos en todas las ASP, para un refrescamiento de la aplicación de protocolos y de la forma correcta de tomar las muestras y e ingresar la información en bases de datos en Excel o algún programa similar.

Aprovechar el apoyo de los voluntarios en las campañas de limpieza de algunas Áreas de Conservación para la aplicación del indicador de residuos sólidos, esto ante la falta de presupuesto que existe para pagar a una persona externa que realice los muestreos, o buscar incluir la toma de muestras en las actividades de las asociaciones con las cuales existen alianzas público-privadas.

Reportar los datos obtenidos durante los 4 muestreos del año a un único custodio en SINAC, con el fin de evaluar el proceso y los resultados de forma integral en todo el país.

Promover una mayor interacción entre el SINAC y el SINIA, para el ingreso de datos de forma periódica.

Mejorar la categorización de residuos sólidos para tener mayor conocimiento de cuáles se encuentran en las AMPs. Aplicar el indicador en otros protocolos PRONAMEC para obtener datos en los diversos ecosistemas y poder ser comparados entre sí. Estandarizar las unidades métricas contempladas en la evaluación del indicador y mejorar la cantidad de puntos de muestreo con el fin de que sea más representativa respecto al tamaño de la playa.

Fomentar la educación ambiental hacia los visitantes mediante rotulación con mensajes de concientización. Esto puede ser de gran ayuda para mantener el indicador de residuos sólidos en una categoría de playa limpia.

Considerar el cambio del término “basura” por el término correcto “residuos” en el nombre del indicador “Basura en la Playa” del protocolo para Playas Arenosas del PRONAMEC, y en “Basura Inorgánica” del indicador del PBAE de la Categoría Comunidades Costeras. Lo anterior por cuanto en la Ley para la Gestión Integral de Residuos, define la palabra residuos como vocablo a utilizar en Costa Rica.

Agradecimientos

Al Sistema Nacional de Áreas de Conservación en el Parque Nacional Cahuita, en el Refugio de Vida Gandoca-Manzanillo y en la Reserva Absoluta Cabo Blanco, por el recibimiento y estadía en las Áreas Marinas Protegidas y por el apoyo en esta investigación.

Al profesor Ricardo Ulate del Tecnológico de Costa Rica en la sede de Limón y a Henry Mora Delgado, por la ayuda en los muestreos de residuos.

Referencias

- [1] Ministerio de Ambiente & Energía (MINAE), PNUD, MARVIVA, CRUSA, Ministerio de Salud (MS), y Cámara Nacional de Comerciantes Detallistas y Afines. Estrategia Nacional para la sustitución de plásticos de un solo uso. 1 ed. (2017). Consultado: Set., 05, 2021. [Online]. Disponible en: https://fundacionmadreverde.org/wp-content/uploads/2020/11/5a0e066d79dae_Estrategia-nacional-sustitucion-plasticos-un-solo_uso-1.pdf
- [2] Asamblea Legislativa. (2019, oct. 27). Versión 5, Artículo 58: Ley de Biodiversidad, N°7788. Sistema Costarricense de Información Jurídica, Costa Rica. [Online]. Disponible en: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1NRTC&nValor1=1&nValor2=39796&nValor3=119205&strTipM=TC
- [3] V. García, J. Acuña, J. Vargas, y J. García, “Calidad bacteriológica y desechos sólidos en cinco ambientes costeros de Costa Rica”, *Rev. Biol. Trop.*, vol 54, pp. 35-48, Set., 2006. [Online]. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/26828/26997>
- [4] Ministerio de Salud. Plan Nacional de residuos marinos 2021-2030. 1 ed. (2021). Consultado: Dic. 20, 2021. [Online]. Disponible en https://www.ministeriodesalud.go.cr/sobre_ministerio/prensa/comunicados/plan_nacional_residuos_marinos_2021_2030.pdf
- [5] M.A. Porras, “Caracterización de micro y mesoplásticos y su asociación con biopelículas en el Humedal Gualí (Funza. Cundinamarca)”, grado de Microbiología Industrial, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia, 2021. [Online]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/58262/TESIS%20REVISADA.%20ALEJANDRA%20PORRAS%20R.pdf?sequence=2>
- [6] M.A. Pérez, “Determinación de micro plásticos en especies marinas del Parque Nacional Marino Las Baulas”, grado de Licenciatura, Escuela de Ingeniería Ambiental, Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 2020. [Online]. Disponible en: https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/12255/TFG_Angelica_Astorga_P%C3%A9rez.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- [7] Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA). “El 68 % de todas las partículas encontradas en Jacó son estereofón”. *Cica.ucr.ac.cr*. <http://cica.ucr.ac.cr/?p=6694> (consultado el 12 de Nov., 2021).
- [8] Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto. “Costa Rica es seleccionada como país beneficiario bajo la categoría líder del proyecto de cooperación Asociaciones GloLitter de la Organización Marítima Internacional (OMI)”. *Rree.go.cr*. <https://www.rree.go.cr/?sec=servicios&cat=prensa&cont=593&id=5958> (consultado el 12 de Nov. 2021).
- [9] M.J. Brenes. “Costa Rica amplía su área de protección marina para saldar deuda histórica”. *Efeverde.com*. <https://www.efeverde.com/noticias/costa-rica-areaproteccion-marina/> (consultado el 30 de Oct., 2021).
- [10] SWI. “Costa Rica amplía de un 2,7 % a un 30 % las áreas marinas de protección”. *Swissinfo.ch*. https://www.swissinfo.ch/spa/costa-rica-oc%C3%A9anos_costa-rica-ampl%C3%ADa-de-un-2-7---a-un-30---las-%C3%A1reas-marinas-de-protecci%C3%B3n/47202502 (consultado el 2 de Set., 2023).
- [11] B. Finegan, S.E. Sesnie, P.E. Gessler, y S. Thessler, “Integrating Landsat TM and SRTM-DEM derived variables with decision trees for habitat classification and change detection in complex neotropical environments”, *RSE. ELSEVIER*, vol 112, pp. 2145-2159, May., 2008, doi: 10.1016/j.rse.2007.08.025
- [12] Sistema Nacional Áreas de Conservación (SINAC). “Glosario”. *SINAC.go.cr*. <http://www.sinac.go.cr/ES/Paginas/Glosario.aspx> (consultado el 30 de Nov., 2021).

- [13] Poder Ejecutivo. (2016, jul. 08). Versión 1, Decreto N° 39.747: Reglamento de Creación y Funcionamiento del Programa Nacional de Monitoreo Ecológico (PRONAMEC). [Online]. Disponible en: https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=81891&nValor3=104627&strTipM=TC
- [14] Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). Protocolo PRONAMEC: Protocolo para el monitoreo ecológico de las playas arenosas: Proyecto Consolidación de las Áreas Marinas Protegidas. 1 ed. (2016). Consultado: Set. 05, 2021. [Online]. Disponible en <https://www.sinac.go.cr/ES/docu/ASP/Protocolo-PRONAMEC-PlayaArenosas.pdf>
- [15] Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). GRUAS II: Propuesta de Ordenamiento Territorial para la conservación de la biodiversidad de Costa Rica, vol 3: Análisis de Vacíos en la Representatividad e Integridad de la biodiversidad marina y costera. 1 ed. (2008). Consultado: Feb. 20, 2021. [Online]. Disponible en https://www.acto.go.cr/wp-content/uploads/2020/04/GRUAS_II_VOL_II.pdf
- [16] Instituto Meteorológico Nacional (IMN). “Clima en Costa Rica y Variabilidad Climática”. imn.ac.cr. <https://www.imn.ac.cr/clima-en-costa-rica> (consultado el 30 de Oct., 2021).
- [17] J. Fallas, comunicación personal, Oct., 2021.
- [18] A. Sabayo, comunicación personal, Oct., 2021.
- [19] M. Cortés, comunicación personal, Oct., 2021.
- [20] F. Cruz, comunicación personal, Oct., 2021.
- [21] M. Cerdas, comunicación personal, Nov., 2021.
- [22] CRHoy. “Yate estadounidense se hunde tras chocar en Cabo Blanco”. [Crhoy.com](http://crhoy.com). <https://www.crhoy.com/nacionales/fotos-yate-estadounidense-se-hunde-tras-chocar-en-caboblanco/> (consultado el 30 de Oct., 2021).
- [23] Poder Ejecutivo. (2013, may. 16). Versión 1, Decreto N° 37658: Establecimiento del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) y Reforma del Artículo 3° del Decreto Ejecutivo N° 29540-MINAE del 11 de mayo del 2001. [Online]. Disponible en: https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=74843&nValor3=92549&strTipM=TC
- [24] Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). Guía para el diseño y formulación del Plan General de Manejo de las Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica. 1ed. (2013). Consultado: Feb. 20., 2021. [Online]. Disponible en <https://biocorredores.org/corredoresbiologicos/sites/default/files/docs/SINAC%20Guia%20PM%202014.pdf>

Anexos

Encuesta aplicada a los representantes de las AM

El presente documento es un primer acercamiento a los encargados o representantes de las Áreas Marinas Protegidas de Costa Rica, como parte del Trabajo Final de Graduación de Sofía Fallas Flores, estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental del Tecnológico de Costa Rica, sede central. El objetivo de esta herramienta es conocer de forma general la situación actual de estas áreas y las barreras que existen al realizar un monitoreo de residuos sólidos, esto con el fin de generar mejoras para un adecuado monitoreo en estas zonas de protección que son de gran importancia ambiental y cultural para el país.

Agradezco cualquier consulta, comentario o recomendación a través del correo: sofiafallas4@gm

Agradezco cualquier consulta, comentario o recomendación a través del correo: sofiafallas4@gmail.com.

1.¿De cuál Área Marina Protegida es usted representante?

2.¿Qué tipo de actividades están permitidas en esta Área Marina Protegida?

- Turismo terrestre (caminatas, uso de la playa, cabalgatas, entre otros)
- Turismo acuático (snorkel, nado, kayak, avistamiento de cetáceos, entre otros)
- Actividades académicas (visita de grupos escolares y/o universitarios, entre otros)
- Investigaciones científicas
- Otra ¿cuál?

3.¿El Área Marina Protegida cuenta con contenedores de residuos que permitan la separación por residuo para el posterior reciclaje?

- Sí
- No

4.Si su respuesta fue Sí, por favor indicar cuántos contenedores de residuos cuenta el área según el tipo:

- 1
- 2
- 3
- 4

5 o más

Vidrio

Plástico

Aluminio

Papel y cartón

Orgánico

Residuos no valorizables (basureros convencionales)

Importar_tabla5265c64616

5.¿Cuáles son los residuos sólidos más frecuentemente encontrados o vistos en la zona de la arena de la playa?

- Envases plásticos
- Envases de vidrio
- Envases de aluminio
- Colillas de cigarro
- Envoltorios plásticos
- Envoltorios de papel
- Tapas plásticas
- Artículos personales como sandalias, ropa, sombreros, entre otros
- Artes de pesca como cuerdas y redes, boyas, anzuelos, entre otros
- Otro ¿cuál?

6.¿Cuáles considera usted que podrían ser las mayores fuentes de contaminación de esos residuos marinos en esta Área Marina Protegida?

- Población humana cercana
- Residuos mal gestionados producto del turismo
- Desembocadura de ríos
- Por arrastre y diferencia de corrientes marinas que depositan los residuos sólidos en la zona de la playa
- Otra ¿cuál?

7.¿El Área Marina Protegida cuenta con un Plan General de Manejo vigente?

- Sí
- No

8. Indicar el periodo de vigencia de plan de manejo vigente o del último plan vigente.

9. ¿Cuáles elementos focales están priorizados en este plan general de manejo?

10. ¿Cuáles Protocolos de Monitoreo Ecológico (PRONAMEC) se aplican en esta área?

- Protocolo PRONAMEC Playas Rocosas
- Protocolo PRONAMEC Playas Arenosas
- Protocolo PRONAMEC Agregaciones de Mamíferos Acuáticos
- Protocolo PRONAMEC Playas Anidación de Tortugas Marinas
- Protocolo PRONAMEC Dinámica de Playas Arenosas ante Cambio Climático
- Protocolo PRONAMEC Formaciones Coralinas
- Ninguno

11. El PRONAMEC de Playas Arenosas posee un indicador de residuos sólidos. Si el Área Marina Protegida ha aplicado este monitoreo, basado en estos resultados, por favor marque los años en los que se ha aplicado:

Año

Época seca

Época lluviosa

2006

2007

2008

2009

2010

2011

2012

2013

2014

2015

2016

2017

2018

2019

2020

2021

Importar_tabla5265c64616

Si su respuesta posee más de un período, indique si el indicador de residuos sólidos ha mejorado:

- Sí
- No
- Aún no se han analizado los datos

12. ¿Se aplica alguna otra metodología de monitoreo de residuos en el Área Marina Protegida?

- Sí ¿cuál?
- No

13. Si su respuesta fue Sí, ¿cuál metodología de monitoreo se aplica?

14. Si realizan monitoreo de residuos ¿La base de datos o resultados obtenidos se encuentra abierta al público y/o es reportada a alguna entidad?

- Abierta al público
- Reportada a alguna entidad (es)
- No es abierta ni se reporta

15. Si no realizan un monitoreo de residuos sólidos en el área ¿Cuál es la razón?

- Falta de presupuesto

- Falta de personal que tome muestras de los residuos sólidos
- No hay necesidad de reportar la cantidad de residuos sólidos a ninguna entidad (es)
- Hay otras actividades consideradas más importantes en el Área Marina Protegida antes que el monitoreo de residuos sólidos
 - Otra ¿cuál?

Declaración sobre uso de Inteligencia Artificial (IA)

Los autores aquí firmantes declaramos que no se utilizó ninguna herramienta de IA para la conceptualización, traducción o redacción de este artículo.



Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=699878907004>

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de revistas científicas de Acceso Abierto diamante
Infraestructura abierta no comercial propiedad de la
academia

Sofía Fallas-Flores, Lilliana Abarca-Guerrero,
Karol Ulate-Naranjo

**Propuesta de mejoras para la implementación del
monitoreo de residuos sólidos mediante el PRONAMEC en
las Áreas Marinas Protegidas de Costa Rica**
**Proposal for Improvements for the Implementation of
solid waste monitoring through PRONAMEC in the Marine
Protected Areas of Costa Rica**

Tecnología en marcha

vol. 37, núm. 4, p. 37 - 47, 2024

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
revistatm@itcr.ac.cr

ISSN-E: 2215-3241