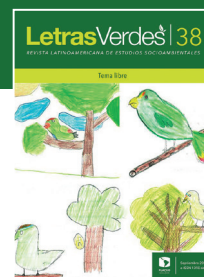




Ensayo



Caracterización de los residuos sólidos en el Parque Nacional Archipiélago Los Roques, Venezuela

Characterization of solid waste in the Los Roques Archipelago National Park, Venezuela

-  Vanessa Hernández, Instituto de Biología Experimental, Universidad Central de Venezuela, Venezuela, vanessahernandezq8@gmail.com, orcid.org/0000-0003-2659-0857
-  Guillermo Centeno-Bordones, Centro de Oceanología y Estudios Antárticos, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Venezuela, gcenteno1@uc.edu.ve, orcid.org/0000-0003-1436-4764
-  Carlos Pereira, Laboratorio de Taxonomía y Ecología de Macrofitas Marinas, Centro de Botánica Tropical, Instituto de Biología Experimental, Universidad Central de Venezuela, Venezuela, carlosjpereyra2@gmail.com, orcid.org/0000-0002-5850-0775

Recibido: 25 de julio de 2024

Aceptado: 10 de marzo de 2025

Publicado: 30 de septiembre de 2025

Resumen

Introducción: los residuos sólidos pueden generar impactos negativos en la salud pública y el ambiente si no se gestionan adecuadamente. En áreas protegidas, como el Parque Nacional Archipiélago Los Roques (PNALR), esta problemática se agudiza por la actividad turística. **Objetivo:** caracterizar los residuos sólidos generados por viviendas, hostales y comercios en el PNALR. **Metodología:** se aplicó un muestreo aleatorio estratificado durante una semana (noviembre 2022), y se clasificaron los residuos por tipo, volumen y densidad. Se utilizó la metodología de Cabañas-Pinedo, Díaz-Sánchez y Oliva (2019). **Resultados:** se generaron 823,25 kg de residuos sólidos, con predominio de materia orgánica (58 %) y materiales inorgánicos como plástico, papel/cartón y vidrio. Los hostales fueron los principales generadores (19,76 kg/día), seguidos de viviendas (13,18 kg/día) y comercios (5,44 kg/día). El mayor volumen correspondió al plástico, mientras que el vidrio presentó la mayor densidad (0,93 kg/m³). La generación aumentó en días de mayor afluencia turística (jueves a sábado). **Conclusiones:** se evidencian patrones de generación asociados al turismo, lo que resalta la necesidad de implementar un sistema de gestión integral de residuos adaptado al contexto insular, mediante estrategias de prevención, reciclaje y educación ambiental.

Palabras clave: gestión ambiental; Los Roques; parque nacional; residuos sólidos; turismo

Abstract

Introduction: Solid waste can have significant environmental and public health impacts, especially in protected areas such as the Los Roques Archipelago National Park (LRANP), where tourism is intense. **Objective:** To characterize the solid waste generated by households, hostels, and businesses in LRANP. **Methodology:** A stratified random sampling was carried out during one week in November 2022. Waste was classified by type, volume, and loose density, following the method proposed by Cabañas-Pinedo, Díaz-Sánchez & Oliva (2019). **Results:** A total of 823.25 kg of solid waste was recorded, with organic matter as the dominant category (58%), followed by plastic, paper/cardboard, and glass. Hostels were the largest contributors (19.76 kg/day), followed by households (13.18 kg/day) and businesses (5.44 kg/day). Plastic had the highest volume, while glass had the highest loose density (0.93 kg/m³). Waste generation increased on days with higher tourist activity (Thursday to Saturday). **Conclusions:** Waste generation is strongly influenced by tourism. The results underscore the need for an integrated waste management strategy tailored to island conditions, with emphasis on prevention, recycling, and community education.

Keywords: solid waste; tourism; environmental management; national park; Los Roques



Introducción

La gestión inadecuada de los residuos sólidos representa una amenaza significativa para la salud pública, la biodiversidad y el equilibrio de los ecosistemas. Este tipo de residuos incluye materiales, productos o subproductos en estado sólido que son descartados por sus propietarios (Segura, Rojas y Pulido 2020). En contextos turísticos, esta problemática se agudiza, especialmente cuando las actividades humanas se desarrollan en entornos naturales frágiles, como áreas protegidas o insulares. Durante décadas, el turismo fue considerado una “industria sin chimeneas”, bajo la premisa de que sus impactos eran mínimos. No obstante, múltiples estudios han demostrado que el turismo puede alterar tanto el entorno físico como las dinámicas sociales y culturales de las comunidades receptoras (Quintana-Arias 2018; Ordoñez-Sotomayor y Ochoa-Cueva 2020; Medina-Castro, Roldán-Clarà y Leyva-Aguilera 2019). En áreas protegidas, uno de los efectos más evidentes de esta actividad, junto a la residencia permanente de pobladores, es el aumento en la generación de residuos sólidos (Arias-Hidalgo, Aguilar-Álvarez y Reinhold 2019; Pimienta-Serrano y Pacheco-Bustos 2022).

Diversas investigaciones han documentado la relación entre el crecimiento turístico, la producción de residuos y los efectos ambientales en parques nacionales de América Latina, Europa y el Caribe (Caviedes-Rubio y Olaya-Amaya 2018; Rivera-Mateos y Martínez-Montesdeoca 2022; Chen 2015). Sin embargo, en Venezuela, existe un vacío de información científica sobre la generación, composición y gestión de residuos sólidos en áreas naturales protegidas, especialmente en zonas insulares. Esta falta de datos limita la capacidad de los organismos responsables para diseñar políticas públicas eficaces y sostenibles.

Los parques nacionales requieren estrategias de manejo integral que no solo se enfoquen en la conservación biológica, sino que también aborden las presiones antrópicas asociadas al turismo y al asentamiento humano. Identificar los tipos, volúmenes y densidades de residuos generados permite diseñar intervenciones adecuadas para almacenarlos, recolectarlos, transportarlos y disponer de ellos (Nanda y Berruti 2021; Sharma y Jain 2019). Adicionalmente, caracterizar los residuos ayuda a estimar la vida útil de los vertederos existentes, planificar infraestructuras de tratamiento y evaluar el cumplimiento de compromisos ambientales internacionales, como los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

El Parque Nacional Archipiélago Los Roques (PNALR) es una de las áreas marinas protegidas más importantes de Venezuela. A pesar de su alto valor ecológico, el parque enfrenta desafíos crecientes por la presión turística, el crecimiento de la población residente y la falta de gestión adecuada de residuos. Hasta la fecha, no existen estudios sistemáticos que documenten la generación de residuos sólidos en este territorio.

En este contexto, el objetivo de este estudio es caracterizar los residuos sólidos generados por viviendas, hostales y comercios en el PNALR, y evaluar su composición, volumen y densidad suelta. Esta información es clave para fortalecer los planes de manejo ambiental del parque y promover una gestión sostenible del turismo en espacios protegidos.

Metodología

Área y periodo de estudio

Los residuos sólidos se caracterizaron en las instalaciones de la Secretaría de Apoyo y Servicios Públicos del Territorio Insular Francisco de Miranda, ubicadas en la isla Gran Roque, núcleo principal del Parque Nacional Archipiélago Los Roques (PNALR) (mapa 1). El trabajo de campo se llevó a cabo durante una semana, desde el jueves 28 de octubre hasta el miércoles 3 de noviembre de 2022, lo cual corresponde a temporada baja de turismo, sin coincidencias con feriados ni eventos especiales en Venezuela. La elección de este periodo respondió a restricciones presupuestarias, por lo que el muestreo se planificó como una línea base preliminar, con potencial para guiar estudios posteriores de mayor duración y cobertura estacional.

El Parque Nacional Archipiélago Los Roques se encuentra protegido por legislación ambiental, pero en la isla Gran Roque se cuenta con un vertedero centralizado, destinado a la disposición de los residuos generados en todo el archipiélago. Esta instalación opera bajo supervisión de la Secretaría de Apoyo y Servicios Públicos, sin tecnologías de impermeabilización ni recolección de lixiviados. Actualmente, los residuos se incineran a cielo abierto como medida de control, debido a la falta de infraestructura adecuada para tratarlos. Esta práctica, aunque funcional en el corto plazo, plantea serias implicaciones ambientales y de salud pública que requieren atención urgente.

Diseño del muestreo

Se utilizó un muestreo aleatorio estratificado, considerando tres estratos: viviendas, hostales (establecimientos que prestan servicio de alojamiento turístico con ocupación diaria) y comercios. Los establecimientos seleccionados se definieron con base en un listado proporcionado por la Secretaría mencionada. Se tomaron en total 15 muestras diarias: 7 de viviendas, 5 de hostales y 3 de comercios.

El tamaño de muestra se calculó con la siguiente fórmula (tabla 1), adaptada de Garduño-Palomino, Ojeda-Benítez y Armijo de Vega (2012).

Tabla 1. Ecuación del tamaño de la muestra

Ecuación 1

$$n = \frac{Z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 Z \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 \sigma^2}$$

Donde:

n = número de muestras a realizar

Z: valor correspondiente al nivel de confianza deseado (1,96)

σ^2 = desviación estándar de la generación de residuo per-cápita de la población ($\sigma=0,25$)

α = nivel de confianza (0,05)

E = error permisible en la estimación de PPC ($E=0,05E$)

N = tamaño de la población (residencial y comercial del Gran Roque)

Fuente: elaboración propia.

Este procedimiento permitió definir un número de muestras que representara adecuadamente la variabilidad entre los tres estratos generadores.

Toma y segregación de muestras

Diariamente se recolectaron y pesaron 15 bolsas de residuos, correspondientes a los tres estratos definidos: viviendas, hostales y comercios. Para ello se utilizó una balanza tipo gancho, con capacidad de 0 a 50 kg y precisión de $\pm 0,1$ kg, calibrada previamente con pesas patrón certificadas, para garantizar confiabilidad en las mediciones.

Se vació cada bolsa sobre un tapete impermeable para evitar el contacto directo con el suelo. Posteriormente, se separaron manualmente los residuos, siguiendo los componentes definidos en la tabla 1. Esta clasificación se basó en el sistema propuesto por Fundambiente (2019) y adoptado oficialmente por el Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo (MINEC 2019), que incluye categorías como materia orgánica, papel y cartón, plástico, vidrio, metales no ferrosos, residuos eléctricos y electrónicos (RAEE), entre otros.

Cada fracción fue apartada, pesada por separado y registrada en formatos estandarizados. Para asegurar la consistencia y minimizar el sesgo durante la segregación, se aplicaron las siguientes medidas de control:

- El mismo personal técnico entrenado realizó la separación durante toda la semana de muestreo.
- Se establecieron criterios visuales claros para identificar cada tipo de residuo antes de iniciar el proceso.
- Se usaron guantes, lentes, mascarillas y elementos de protección personal para cumplir con las normas de bioseguridad.
- Se revisaron de forma cruzada los residuos dudosos entre los operadores antes de ser clasificados.

Esta fase permitió identificar la composición y masa diaria por tipo de residuo generado, con datos comparables entre los distintos estratos analizados. Los residuos fueron clasificados en las siguientes categorías: materia orgánica, papel y cartón, plástico, vidrio, metales no ferrosos, ropa/calzado, residuos eléctricos y electrónicos (RAEE), residuos hospitalarios, restos de construcción, restos voluminosos y fracción resto. Para cada tipo de residuo se calculó su volumen y densidad suelta.

Mapa 1. Ubicación del Parque Nacional Archipiélago Los Roques

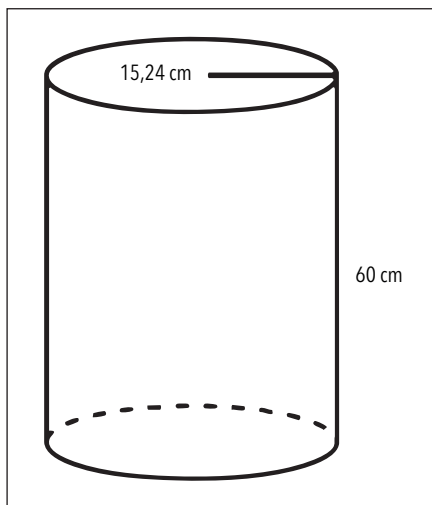


Nota: el punto de muestreo se realizó en la zona de servicios (específicamente en el vertedero) del Territorio Insular Francisco de Miranda, en la isla Gran Roque, referenciado con un punto verde sobre el mapa. Fuente: Sistema de Referencias WOS B4, mapa vectorial GIGOT, Google Earth.

Obtención del volumen y densidad suelta por residuo

El volumen del residuo sólido es el espacio que ocupa el desecho y se mide en metros cúbicos (m^3). Para estimar el volumen se seleccionó un recipiente cilíndrico de dimensiones conocidas (figura 1) y se colocó adentro cada componente sin compactarlo; posteriormente se anotó la altura que alcanzó el residuo. Con los valores de la altura y radio del cilindro se sustituye en la fórmula correspondiente (tabla 2) según metodología empleada en el trabajo de investigación realizados por Cabañas-Pinedo, Díaz-Sánchez y Oliva (2019).

Figura 1. Cilindro para el cálculo del volumen de desechos sólidos



Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Ecuación del volumen de un cilindro

Ecuación 2

$$\text{Volumen} = \pi \times r^2 \times h$$

Donde:

r: radio del cilindro

h: altura del cilindro

Fuente: elaboración propia.

El parámetro de densidad se calculó con la relación de la masa de los desechos respecto al volumen que estos ocupan (tabla 3); dicha relación se modifica de acuerdo con la composición. Este parámetro se mide en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3) (Cabañas-Pinedo, Díaz-Sánchez y Oliva 2019; De la Torre y Laura 2019; Cárdenas-Ferrer et al. 2020). Las mediciones se repitieron tres veces por tipo de residuo para obtener un valor promedio.

Tabla 3. Ecuación de densidad suelta

Ecuación 3

$$\text{Densidad Suelta} = \frac{W \text{ (Kg)}}{V \text{ (m}^3\text{)}}$$

Donde:

W= Peso de los residuos solidos

V= Volumen del residuo sólido

Fuente: elaboración propia.

Resultados

Tipificación de los residuos sólidos

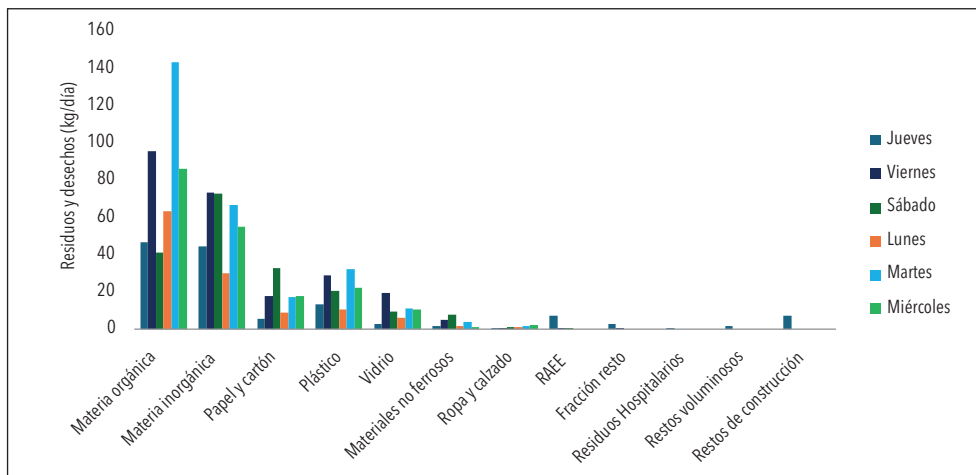
Durante la semana del 28 de octubre al 3 de noviembre de 2022, se recolectó un total de 823,25 kilogramos (kg) de residuos sólidos en la isla Gran Roque, núcleo habitado del Parque Nacional Archipiélago Los Roques. Esta cantidad se distribuyó entre residuos orgánicos e inorgánicos, con una marcada predominancia de la fracción orgánica, que representó el 58,1 % del total recolectado, equivalente a 478,15 kg. La fracción inorgánica acumuló 345,10 kg (41,9 %). Los resultados permiten identificar una tendencia en la que la generación de residuos sólidos aumenta en los días de mayor actividad turística, en especial jueves, viernes y sábado, como se evidencia en la tabla 4 y el gráfico 1.

Tabla 4. Tipificación y cantidad en masa por día (kg/día) de residuos y desechos sólidos generados por estrato en el Parque Nacional Archipiélago Los Roques

Residuos	Jueves	Viernes	Sábado	Lunes	Martes	Miércoles	Total kg
<u>Materia orgánica</u>	46,780	95,957	41,23	63,932	144	86,25	478,149
<u>Materia inorgánica:</u>	-	-	-	-	-	-	-
Papel y cartón	5,805	18,05	32,86	9,37	17,42	17,89	101,395
Plástico	13,546	29,43	21,09	10,99	32,31	22,66	130,026
Vidrio	3,214	19,74	9,94	6,51	11,18	10,67	61,254
Metales no ferrosos	1,800	5,145	8,13	2,1	4,03	1,6	22,805
Ropa y calzado	0,930	0,318	1,2	1,578	2,05	2,73	8,806
RAEE	7,235	0,48	0,1	-	-	-	7,815
Fracción resto	3,000	0,5	-	-	-	-	3,5
Residuos hospitalarios	0,155	-	-	-	-	-	0,155
Restos voluminosos	2,010	-	-	-	-	-	2,01
Restos de construcción	7,33	-	-	-	-	-	7,33
Total Materia inorgánica	45,025	73,663	73,32	30,548	66,99	55,55	345,096

Fuente: elaboración propia.

Gráfico 1. Tipificación y cantidad en masa por día (kg/día) de residuos y desechos del Parque Nacional Archipiélago Los Roques



Fuente: elaboración propia.

Entre los residuos inorgánicos, se identificó una mayor presencia de plásticos (130,03 kg), papel y cartón (101,40 kg) y vidrio (61,25 kg), seguidos por metales no ferrosos (22,80 kg). Estas fracciones constituyen los principales componentes voluminosos y representan una preocupación especial debido a su potencial acumulativo en el ambiente insular. También se registró la presencia de residuos menos frecuentes, pero ambientalmente relevantes, como ropa y calzado (8,81 kg), residuos eléctricos y electrónicos (RAEE, 7,81 kg) y residuos de construcción (7,33 kg) (tabla 4).

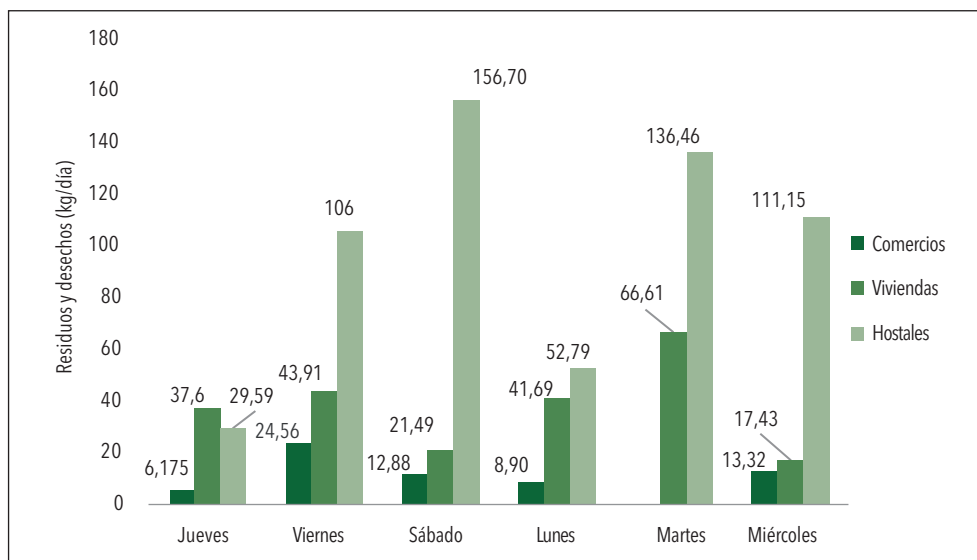
En cuanto al origen de los residuos, los hostales fueron los principales generadores, con un promedio diario de 19,76 kg, seguidos por las viviendas (13,18 kg/día) y los comercios (5,44 kg/día). Estos datos se resumen en la tabla 5 y se visualizan en los gráficos 2 y 3. El gráfico 2 muestra la generación diaria de residuos por tipo de generador a lo largo de la semana, mientras que el gráfico 3 representa el promedio semanal por estrato. El comportamiento observado confirma que los alojamientos turísticos son los mayores aportantes de residuos, lo cual tiene implicaciones directas sobre la planificación de su manejo, en especial durante los picos de ocupación.

Tabla 5. Generación en kg/ día de residuos sólidos por estrato estudiado del Parque Nacional Archipiélago Los Roques

Generador	Jueves	Viernes	Sábado	Lunes	Martes	Miércoles
Comercios	6,175	24,56	12,88	8,90	0	13,32
Viviendas	37,6	43,91	21,49	41,69	66,61	17,43
Hostales	29,59	106	156,70	52,79	136,46	111,15

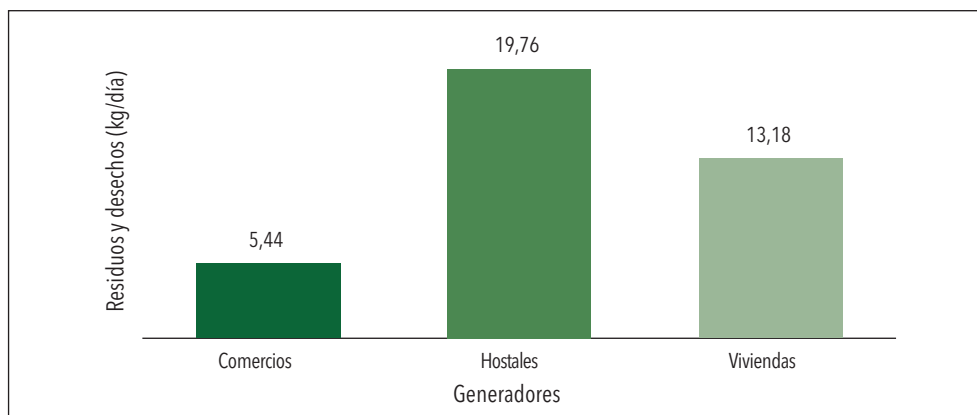
Fuente: elaboración propia.

Gráfico 2. Generación en kg/ día de residuos sólidos por estrato del Parque Nacional Archipiélago Los Roques



Fuente: elaboración propia.

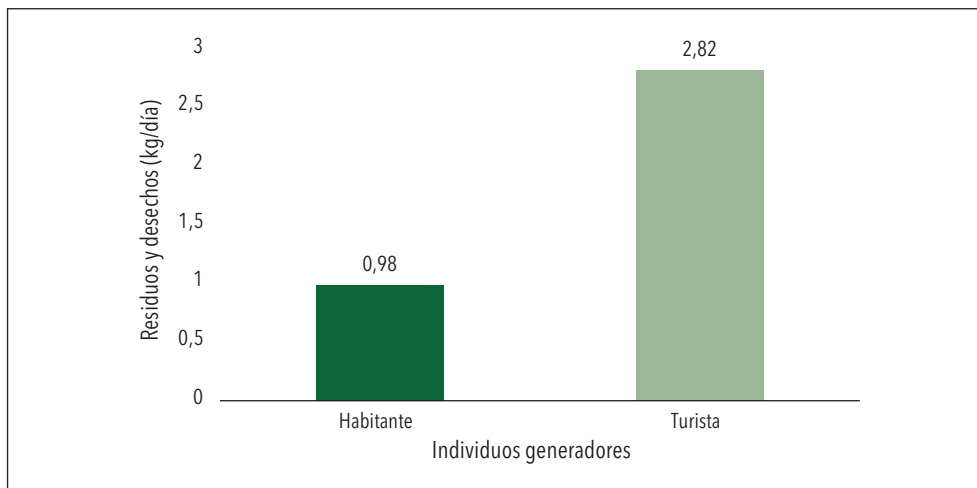
Gráfico 3. Cantidad de residuos promedio en Kg/día por cada generador del Parque Nacional Archipiélago Los Roques



Fuente: elaboración propia.

La generación per cápita mostró también diferencias importantes. Los residentes permanentes del parque generaron un promedio de 0,98 kg por habitante por día, mientras que los turistas produjeron aproximadamente 3,00 kg/hab./día, lo que implica una carga tres veces mayor para la infraestructura local. Esta diferencia se presenta en el gráfico 4, donde se evidencia el peso relativo del turismo sobre la producción de residuos en este contexto insular.

Gráfico 4. Cantidad de desechos generados por individuo ocupante del Parque Nacional Archipiélago Los Roques



Fuente: elaboración propia.

Volumen y densidad suelta de los residuos y desechos sólidos

Respecto al volumen ocupado por los residuos, los plásticos fueron los materiales de mayor expansión, con un volumen estimado de 4310,30 metros cúbicos (m^3), seguidos por los residuos orgánicos (1277,32 m^3), metales no ferrosos (471,44 m^3) y papel y cartón (300,29 m^3). A pesar de no ser los residuos más pesados, su baja densidad hace que ocupen grandes volúmenes en el vertedero, lo que representa un desafío importante para la logística de transporte y disposición. Estos datos se muestran en la tabla 6 y en el gráfico 5, que compara los volúmenes totales por tipo de residuo.

Tabla 6. Volumen (m^3) y densidad (kg/m^3) de los mayores residuos generados en el Parque Nacional Archipiélago Los Roques

Desechos	Volumen (m^3)	Densidad (kg/m^3)
Desechos orgánicos	1277,321	0,374
Papel y cartón	300,289	0,338
Plástico	4310,296	0,030
Vidrio	65,859	0,930
Metales no ferrosos	471,442	0,048

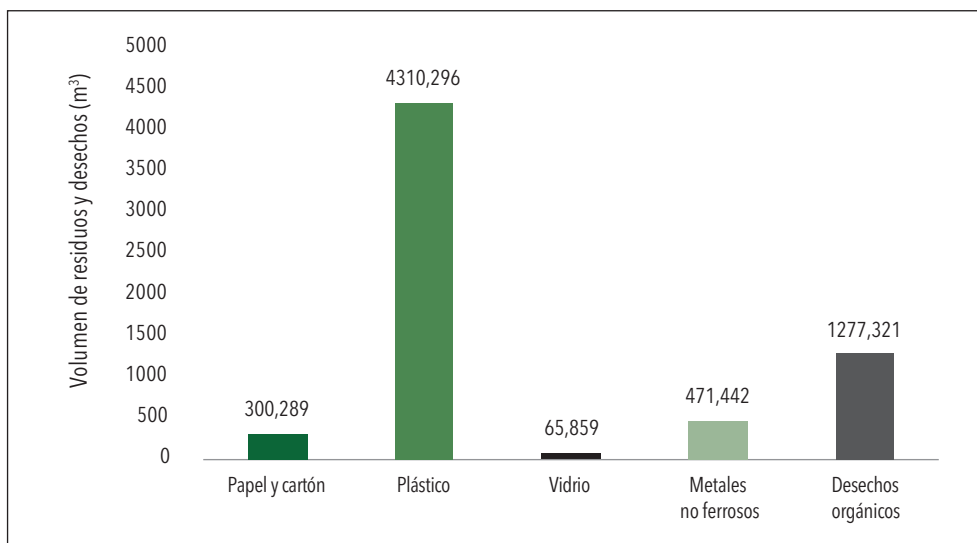
Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, la densidad suelta de los residuos permitió conocer su relación masa-volumen, clave para estimar el almacenamiento. El vidrio fue el material más denso, con $0,930 \text{ kg/m}^3$, seguido por los residuos orgánicos ($0,374 \text{ kg/m}^3$), papel y cartón ($0,338 \text{ kg/m}^3$) y metales no ferrosos ($0,048 \text{ kg/m}^3$). En contraste, el plástico, a pesar de su alta presencia en volumen, registró una densidad mínima de $0,030 \text{ kg/m}^3$. Estas características se ilustran en el gráfico 6, que compara la densidad suelta por categoría.

Los residuos especiales y peligrosos merecen una mención particular. Aunque representaron una fracción pequeña en términos de peso, tienen una alta relevancia ambiental y sanitaria. Se identificaron RAEE como cargadores, controles, electrodomésticos pequeños y partes de equipos electrónicos. Los residuos hospitalarios requieren un manejo diferenciado, debido a su carácter infeccioso y peligrosidad biológica. Su existencia en el flujo general de residuos pone de manifiesto la urgencia de establecer protocolos de recolección selectiva y tratamiento especial en el marco del manejo integral de residuos del parque.

En conjunto, estos resultados constituyen una línea base diagnóstica sobre la generación de residuos sólidos en el PNALR, y ofrecen una referencia cuantitativa indispensable para diseñar estrategias de gestión diferenciada por tipo de residuo, generador, volumen y peligrosidad.

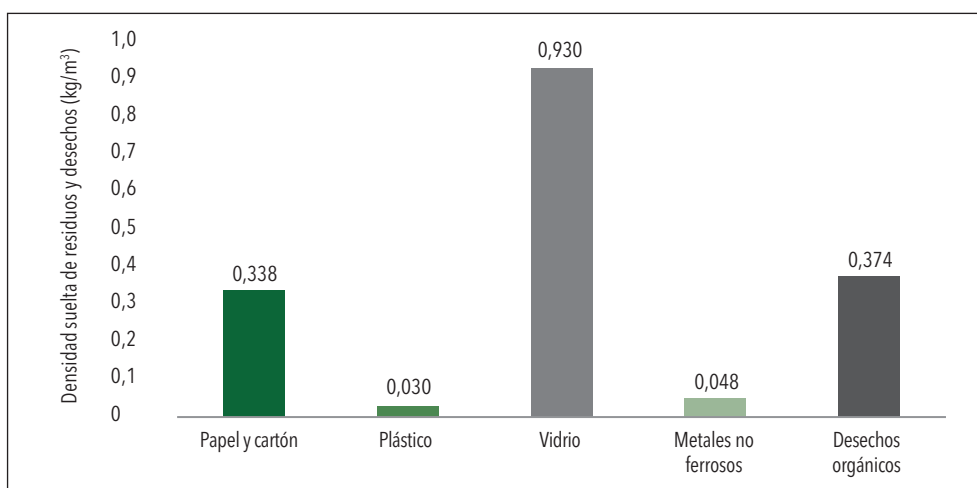
Gráfico 5. Volumen de los desechos y residuos sólidos medidos en el Parque Nacional Archipiélago Los Roques



Fuente: elaboración propia.

La densidad suelta calculada de los residuos encontrados se puede observar en el gráfico 6, que muestra que las densidades de los desechos sólidos están semejantes a los valores estándar para este tipo de desechos. En cuanto a los resultados obtenidos de densidad, se puede observar en la figura antes descrita que el contaminante de mayor densidad fue el vidrio, seguido de los desechos orgánicos, papel y cartón. Estos datos coinciden con los reportados por la literatura, debido a la densidad de los compuestos orgánicos y el vidrio, pues estos son los materiales sólidos de desechos más densos encontrados dentro de los vertederos (Huacho-Chávez, Castillo-Reinoso Brito-Moína 2020; Lazo-Ramos et al. 2020; Miñan-Olivos, Simpalo-López y Mudarra-Valdivia 2018).

Gráfico 6. Densidad suelta de los residuos y desechos sólidos generados en el Parque Nacional Archipiélago Los Roques



Fuente: elaboración propia.

Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian una situación compleja en cuanto a la generación y manejo de residuos sólidos en el PNALR, una de las áreas protegidas más importantes del Caribe venezolano. La alta proporción de materia orgánica (58,1 %), así como la considerable presencia de plástico, papel y vidrio, reflejan patrones de consumo propios de zonas urbanas y turísticas, lo cual es consistente con hallazgos en otras islas del Caribe como Roatán (Honduras), San Andrés (Colombia) y Culebra (Puerto Rico), donde el turismo intensivo ha incrementado la generación de residuos sólidos sin una capacidad de manejo proporcional (González-Hernández et al. 2021; Moreno-Casasola et al. 2023; Schuyler et al. 2022).

Este tipo de caracterización es crucial, no solo para dimensionar el problema ambiental, sino para orientar la toma de decisiones desde una perspectiva de política

pública y sostenibilidad territorial. La diferencia en la generación per cápita entre residentes (0,98 kg/hab./día) y turistas (3,00 kg/hab./día) revela que el turismo es un multiplicador clave de los impactos sobre la infraestructura de manejo de residuos. Como se ha demostrado en áreas protegidas de República Dominicana y Belice, los flujos turísticos no regulados pueden colapsar sistemas diseñados solo para poblaciones residentes (UNEP 2020).

Una preocupación adicional es el rol de los hostales, principales generadores de residuos (19,76 kg/día), lo que coincide con otros estudios en parques naturales donde los alojamientos turísticos concentran la mayor carga de residuos sólidos (Arias-Hidalgo, Aguilar-Álvarez y Reinhold 2019). Esto refuerza la necesidad de aplicar regulaciones específicas para este tipo de operadores, incluyendo esquemas de separación en origen, reducir los plásticos de un solo uso y tarifas diferenciadas por generación.

En cuanto a la gestión de residuos especiales, el hallazgo de residuos eléctricos y electrónicos (RAEE), ropa, escombros y residuos hospitalarios pone de manifiesto la ausencia de esquemas diferenciados. Aunque la legislación venezolana establece disposiciones generales sobre residuos peligrosos (Gaceta Oficial N.º 5.554 Extraordinario, 2001), en la práctica no existen mecanismos aplicados al contexto insular del PNALR que regulen el manejo, almacenamiento o salida de estos materiales del archipiélago. Esto contrasta con buenas prácticas implementadas en las islas Galápagos, donde los RAEE se transportan hacia el continente mediante sistemas regulados y con protocolos sanitarios (León-López et al. 2020).

Uno de los aspectos más delicados y estratégicos identificados durante este estudio es la situación del vertedero ubicado en la isla Gran Roque, actualmente el único sitio destinado a la disposición final de residuos sólidos generados en todo el archipiélago. Esta instalación, operativa desde la década de 1990, fue establecida por la entonces Gobernación del Territorio Federal, con el objetivo de atender las necesidades crecientes de la población residente y flotante. Desde entonces, ha funcionado de manera continua bajo la administración del Territorio Insular Francisco de Miranda, con evidentes limitaciones en cuanto a mantenimiento, infraestructura y recursos técnicos.

En la actualidad, el sitio funciona como un vertedero a cielo abierto con incineración de residuos, una práctica que, si bien responde a las condiciones logísticas y presupuestarias de un entorno insular remoto, carece de las características de una incineración técnica controlada, como sistemas de doble combustión, filtros de gases o tratamiento de emisiones. Esta distinción es importante para establecer prioridades en términos de mejora progresiva.

Se estima, a partir de los volúmenes registrados en esta caracterización, que el vertedero podría estar recibiendo más de 100 toneladas de residuos anuales, lo cual, de mantenerse la tendencia actual, podría comprometer su capacidad operativa en el

corto plazo. Aunque no se dispone de información pública accesible sobre la existencia de un estudio de impacto ambiental ni de un plan formal de ampliación, clausura o mejora técnica, esta infraestructura representa una oportunidad clave para replantear el modelo de gestión de residuos del PNALR, en el marco de una planificación progresiva, sostenible y adaptada al contexto insular.

En este sentido, fortalecer la infraestructura y la gobernanza del sistema de disposición final podría contribuir cumplir los objetivos de conservación establecidos en el Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso del parque (INPARQUES 1991), así como a los compromisos internacionales adquiridos por Venezuela en el marco del Convenio de Cartagena y su Protocolo Relativo a las Áreas y la Vida Silvestre Especialmente Protegidas en la Región del Gran Caribe (Protocolo SPAW), y a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente el ODS 12 (producción y consumo responsables) y el ODS 14 (vida submarina).

Desde una perspectiva de política pública, abordar esta situación de manera integral permitiría no solo mitigar los impactos actuales, sino también convertir al PNALR en un modelo de gestión de residuos insulares replicable en otras áreas protegidas del país y la región. Para ello, se requerirá avanzar en la formulación de un plan de cierre técnico, explorar alternativas de valorización y transporte diferenciado, y consolidar alianzas interinstitucionales que fortalezcan la gestión ambiental en el parque.

A partir de los hallazgos obtenidos, se propone un enfoque integral de gestión de residuos sólidos para el PNALR, adaptado a las condiciones de insularidad, presión turística y limitaciones logísticas del territorio. Este enfoque debe articular acciones en distintos niveles de intervención, combinando medidas de prevención, mitigación, manejo diferenciado, educación y fortalecimiento institucional, con una visión de largo plazo.

Estas estrategias pueden organizarse de la siguiente manera:

a) Prevención

El principio de mayor eficacia en la gestión de residuos es evitar su generación desde el origen. En el contexto del PNALR, esto implica:

- Prohibir o restringir progresivamente los plásticos de un solo uso en actividades turísticas (bolsas, botellas, utensilios), mediante ordenanzas locales o acuerdos con prestadores de servicios.
- Fomentar el uso de envases retornables y empaques biodegradables en comercios, a través de incentivos fiscales, reducción de tarifas o programas de certificación ambiental.
- Promover la compra responsable entre turistas, incentivando el ingreso de productos con menor volumen de empaque y el uso de botellas reutilizables mediante campañas informativas al momento del arribo.



b) Mitigación y manejo diferenciado

Para reducir el impacto de los residuos que inevitablemente se generan, se requiere:

- Diseñar rutas de recolección diferenciada para residuos especiales como RAEE y residuos hospitalarios, con protocolos de acopio temporal seguros y transporte hacia instalaciones en tierra firme.
- Instalar estaciones de transferencia temporal dotadas de sistemas de compactación o almacenamiento hermético, que permitan manejar residuos sin generar focos de insalubridad ni acumulación excesiva en el núcleo poblado.
- Desarrollar un sistema de trazabilidad y segregación en origen, que permita identificar los tipos de residuos más problemáticos y generar estadísticas periódicas para toma de decisiones.

c) Eliminación y disposición final

Dado el estado actual del vertedero y la falta de tecnologías de control, se sugiere:

- Elaborar un plan técnico de cierre progresivo del actual vertedero a cielo abierto, con fases de reubicación, cobertura, monitoreo y restauración ambiental.
- Evaluar técnica, legal y financieramente una celda sanitaria controlada, con diseño modular y barreras de protección, como alternativa provisional.
- Implementar un sistema de exportación periódica de residuos hacia tierra firme, similar al modelo aplicado en las islas Galápagos, mediante convenios con empresas autorizadas y autoridades portuarias.

d) Educación ambiental y cambio de comportamiento

La sostenibilidad del sistema depende en gran medida de la participación ciudadana y el cambio cultural. Por tanto, se propone:

- Organizar campañas permanentes de sensibilización y formación ambiental dirigidas a residentes, comerciantes, estudiantes y turistas, orientadas a reducir, reparar y valorizar residuos.
- Incorporar contenidos sobre gestión de residuos en las actividades escolares y comunitarias del archipiélago.
- Dar capacitación técnica a los operadores de recolección y manejo, para asegurarse de que el personal local cuente con herramientas para aplicar buenas prácticas.
- Planificar talleres participativos con prestadores de servicios turísticos, en los que se promuevan compromisos voluntarios de mejora, certificaciones y reconocimiento a las buenas prácticas.

Además de estas acciones, es clave fortalecer la gobernanza ambiental en el parque. Se recomienda reactivar o crear un comité técnico de gestión de residuos, con participación de INPARQUES, la Secretaría de Servicios Públicos del Territorio Insular, organizaciones comunitarias y operadores turísticos. Este comité puede liderar procesos de planificación, monitoreo y articulación interinstitucional.

El valor de este estudio radica en que proporciona una línea base técnica y cuantitativa, que puede utilizarse para:

- Establecer indicadores de desempeño ambiental y cumplimiento normativo.
- Optimizar la asignación de recursos y los costos operativos de recolección.
- Identificar infraestructura crítica a corto y mediano plazo.
- Orientar futuras inversiones públicas y cooperación internacional.

Asimismo, este diagnóstico permite comparar al PNALR con otros parques insulares del Caribe y América Latina, donde se han implementado con éxito modelos de cogestión entre Estado y comunidades locales, mediante estrategias integradas que han reducido los impactos de la actividad turística sobre los ecosistemas marinos. En este sentido, Los Roques tiene el potencial de convertirse en un referente de gestión ambiental insular para Venezuela y la región.

Conclusiones

Este estudio constituye el primer esfuerzo sistemático de caracterización de residuos sólidos en el PNALR, un espacio insular protegido de gran relevancia ecológica y turística para Venezuela. La investigación permitió cuantificar y tipificar los residuos generados por viviendas, hostales y comercios, aportando una base de datos valiosa para planificar políticas de gestión ambiental adaptadas al contexto del archipiélago.

Los resultados evidencian una fuerte influencia del turismo en la generación de residuos, tanto en términos de volumen como de composición, y destacan la necesidad de estrategias diferenciadas para manejarlos. La alta proporción de materia orgánica y residuos inorgánicos de difícil disposición, como plásticos y RAEE, refuerza la urgencia de avanzar hacia un modelo de gestión que privilegie la prevención, la segregación en origen y el transporte fuera del parque para ciertos residuos críticos.

Asimismo, identificar prácticas como la incineración a cielo abierto en un vertedero sin condiciones técnicas adecuadas resalta la necesidad de replantear el sistema de disposición final, en coherencia con los principios de conservación del parque y los compromisos internacionales asumidos por el país. Este trabajo también demostró la viabilidad de aplicar metodologías de bajo costo para caracterizar residuos en

territorios con limitaciones logísticas, lo cual puede ser replicado en otras islas del Caribe venezolano o zonas costeras con presión turística.

En definitiva, este diagnóstico brinda elementos concretos para fortalecer la gobernanza ambiental en el PNALR y orientar la formulación de un plan integral de gestión de residuos sólidos que articule prevención, tratamiento y educación, con enfoque territorial e interinstitucional. Su aplicación contribuiría a mejorar la calidad ambiental del archipiélago, preservar su biodiversidad y garantizar condiciones sanitarias adecuadas tanto para la población local como para los visitantes.

Agradecimiento

Queremos expresar nuestra más sincera gratitud a Vitaambiente C.A por su generoso apoyo financiero en nuestra investigación sobre la caracterización de desechos sólidos en el Parque Nacional Archipiélago Los Roques. Esta contribución no solo ha facilitado la adquisición de recursos esenciales para llevar a cabo nuestro estudio con la rigurosidad requerida, sino que también ha reafirmado la importancia de colaboraciones intersectoriales en la promoción de la sustentabilidad ambiental.

Bibliografía

- Arias-Hidalgo, David, Ronald Aguilar-Álvarez y Dawn Reinhold. 2019. “Prácticas sostenibles de turismo para el tratamiento de aguas y manejo de residuos sólidos en albergues turísticos de Talamanca”. *Tecnología en Marcha* 32: 78-88.
- Cabañas-Pinedo, Enith, Maribel Díaz-Sánchez y Manuel Oliva. 2019. “Densidad de los residuos sólidos de tres instituciones educativas de la ciudad de Chachapoyas, departamento de Amazonas”. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable* 3: 20-27.
- Cárdenas-Ferrer, Teresa, María Belén Muñoz Menéndez, Ronaldo Santos-Herrero, Ana Margarita Contreras Moya, Elena Rosa Domínguez, Karla Regla Rodríguez Marroqui, Alexander Durán Martínez. 2020. “Evaluación de alternativas de tratamiento de residuos sólidos de actividades turísticas empleando análisis de ciclo de vida”. *Centro Azúcar* 47: 63-73.
- Caviedes-Rubio, Diego, y Alfredo Olaya-Amaya. 2018. “Ecoturismo en áreas protegidas de Colombia: una revisión de impactos ambientales con énfasis en las normas de sostenibilidad ambiental”. *Revista Luna Azul* 46: 311-330.
- Chen, Chung-Ling. 2015. “Regulation and Management of Marine Litter”. En *Marine Anthropogenic Litter*, editado por Melanie Bergmann, Lars Gutow, Michael Klages, 395-428. Springer.

- De la Torre, Gabriel y Laura, Rosa. 2019. "Composición, características físicas y generación per cápita de los residuos sólidos en la playa Las Sombrillas, Lima". *Manglar* 16: 39-44.
- Garduño-Palomino, Karla, Sara Ojeda-Benítez y Carolina Armijo de Vega. 2012. "Caracterización de residuos sólidos generados por el sector comercial de Mexicali, B. C". *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 28: 19-25.
- González-Hernández, Matías, Javier de León Ledesma y José Boza Chirino. (2020). "Overview / Presentación". *Estudios y Perspectivas en Turismo* 29: 1017-1027.
- Huacho-Chávez, Iván, Ana Castillo-Reinoso y Hanníbal Brito-Moína. 2020. "Diseño de una celda para la disposición final de residuos sólidos". *Polo del Conocimiento: Revista Científico-Profesional* 5: 125-136. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i2.1257>
- Inparques. 1990. "Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso del Parque Nacional Archipiélago Los Roques. Decreto N°. 1.213". <https://musquito.net.ve/anapro/gaceta/4250.pdf>
- Lazo-Ramos, Richard, Dina Marlene Cotrado Flores, Diego Abel Sequeiros Abarca, Virginia Apaza Pilco, Alejandro Jean Pier Mamani Vargas y Ray Mamani Juli. 2020. "Caracterización de residuos sólidos y diseño de un relleno sanitario manual para el distrito La Yarada Los Palos". *Ingeniería Investiga* 2: 431-443.
- León-López, Armando, Alfonso González-Damián, Crucita Aurora-Ken e Inocente Bojórquez-Báez. 2020. "El manejo de los residuos sólidos y la actividad turística en Chetumal, México: una relación compleja". *Cuaderno Urbano* 29: 75-98.
- Medina-Castro, Yessica, Blanca Roldán-Clarà y Juana Leyva-Aguilera. 2019. "Impactos del turismo en dos Parques Nacionales y áreas aledañas de Baja California, México: el caso de Sierra de San Pedro Mártir y Constitución de 1857". *Sociedad y Ambiente* 19: 165-194.
- Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo (MINEC). 2019. *Manual de gestión integral del manejo de los residuos y desechos*. Caracas: Amalivaca Ediciones / Fundación de Educación Ambiental (Fundambiente).
- Miñan-Olivos, Guillermo, Wilson Simpalo-López y Jhonatan Mudarra-Valdivia. 2018. "Implementación de un centro de acopio para optimizar la gestión de residuos sólidos en una Universidad Privada de la Región de Ancash". *UCV-Scientia* 10: 176-183.
- Moreno-Casasola, P, J, Herrera Silveira, H, López Rosas, M, Martínez, C, Padilla Souza, M, Gallegos Martínez, R, Silva, L, Peralta Peláez, C, Peña Montes, M, Bonilla-Moheno, O, Bazant-Fabre, D, Cisneros-de la Cruz, P, Robles-Toral, A, Canul-Cabrera, Y, Aguilar-López, J, Cortés-Esquivel, H, Us-Balam, R, Andrade-Medina, M, Funes, J, Soto. 2023. "Manejo y protección de ecosistemas marinos y costeros". En *La Década del Océano en México 2021-2030: La Ciencia que Necesitamos*, editado por E, Rivera-Arriaga, I, Azuz-Adeath. 59-110. México: RICOMAR, Universidad Autónoma de Campeche. <https://doi.org/10.26359/EPOMEX01202302>
- Nanda, Sonil, y Franco Berruti. 2021. "Municipal solid waste management and landfilling technologies: a review". *Environmental Chemistry Letters* 19: 1433-1456.
- Ordoñez-Sotomayor, Alex, y Pablo Ochoa-Cueva. 2020. "Ambiente, sociedad y turismo comunitario: La etnia Saraguro en Loja-Ecuador". *Revista de Ciencias Sociales (Ve)* 26: 180-191.

- Organización Panamericana de la Salud (OPS). 2005. *Informe regional sobre la evaluación de los servicios de manejo de residuos sólidos municipales en la Región de América Latina y el Caribe*. Washington, D.C.
- Pimienta-Serrano, Estefany, y Carlos Pacheco-Bustos. 2022. “Perspectivas sobre el impacto ambiental de las actividades antropogénicas y la generación de residuos sólidos en playas del Caribe colombiano”. *Ingeniería y Competitividad* 24.
- Quintana-Arias, Ronald. 2018. “Turismo, ambiente y desarrollo indígena en el Amazonas colombiano”. *Estudios y Perspectivas en Turismo* 27: 460-486.
- Rivera-Mateos, Manuel, y Iván Mendoza-Montesdeoca. 2022. “La percepción de los visitantes sobre la gestión sostenible del turismo en destinos de naturaleza. Estudio de caso en el parque nacional Galápagos (Ecuador)”. *Cuadernos de Turismo* 50: 355-380.
- Segura, Ángela, Luis Rojas y Yeffer Pulido. 2020. “Referentes mundiales en sistemas de gestión de residuos sólidos”. *Revista Espacios* 41: 1-9.
- Sharma, Kapil, y Siddharth Jain. 2019. “Overview of municipal solid waste generation, composition, and management in India”. *Journal of Environmental Engineering* 145.
- Schuyler, Qamar, Britta, Hardesty, T, J, Lawson, Chris, Wilcox. (2022). “Environmental context and socio-economic status drive plastic pollution in Australian cities”. *Environmental Research Letters* 17: 045013.
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5690>
- UNEP. 2020. “De la contaminación a la solución”,
<https://www.unep.org/interactives/pollution-to-solution/?lang=ES>