

Impacto de las medidas implementadas en la gestión integral de residuos sólidos, en el Tecnológico de Costa Rica

Impact of the actions implemented in the integral solid waste management, in the Costa Rican Institute of Technology

Alina Rodríguez-Rodríguez¹, Raquel Mejías-Elizondo²,
Carolina Vindas-Chacón³

Fecha de recepción: 30 de octubre de 2019
Fecha de aprobación: 10 de marzo de 2020

Rodríguez-Rodríguez, A; Mejías-Elizondo, R; Vindas-Chacón, C. Impacto de las medidas implementadas en la gestión integral de residuos sólidos, en el Tecnológico de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 34-1. Enero-Marzo 2021. Pág 3-15.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v34i1.4811>



- 1 Ingeniera ambiental. Unidad Institucional de Gestión Ambiental y Seguridad Laboral, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: alirodriguez@tec.ac.cr.
 <https://orcid.org/0000-0003-2115-4976>
- 2 Ingeniera ambiental. Unidad Institucional de Gestión Ambiental y Seguridad Laboral, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: rmejias@tec.ac.cr.
 <https://orcid.org/0000-0003-3312-2699>
- 3 Ingeniera Ambiental. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: cvindas95@gmail.com.
 <https://orcid.org/0000-0001-9171-345X>

Palabras clave

Gestión integral de residuos sólidos; estudio de caracterización de residuos sólidos.

Resumen

Uno de los mayores retos que enfrenta Costa Rica ante la crisis climática es realizar una adecuada gestión de los residuos, que representan una de las fuentes de emisión de CO₂e más importante del territorio nacional. Es así como el Instituto Tecnológico de Costa Rica se suma a los esfuerzos del país formulando, desde la Unidad Institucional de Gestión Ambiental y Seguridad Laboral, diferentes iniciativas que buscan reducir la cantidad de residuos dispuestos en el relleno sanitario, orientando las acciones no solo a gestionarlos adecuadamente, sino a evitar que estos se continúen produciendo. A partir de un estudio de caracterización de los residuos sólidos ordinarios de la Sede Central, se determinó que en el año 2016 la Universidad envió 124 533 kg al relleno sanitario, de los cuales un 19% correspondía a materiales que podrían haberse valorizado de haberse gestionado por el Centro de Acopio Institucional. De ahí surgió la implementación de estrategias claras y concisas, gracias a lo cual se logró en el año 2018 reducir los residuos plásticos en un 57% y los residuos polilaminados en un 50% ; ambos eran enviados antes al relleno sanitario. Y para el año 2019 se logró disminuir en un 47% la producción per cápita de desechos en las Residencias Estudiantiles, lo cual se tradujo en la disminución de 22 856 kg de CO₂e, que se evitó emitir a la atmósfera, una acción consecuente con el Sistema de Gestión de la Carbono-Neutralidad, de la Universidad.

Keywords

Integrated solid waste management; solid waste characterization study.

Abstract

One of the biggest challenges that Costa Rica is facing due to the climate change is to carry out a proper management of residues, because at the present time they represent one of the most important sources of CO₂e emissions in the national territory. The Costa Rican Institute of Technology, from the Unidad Institucional de Gestión Ambiental y Seguridad Laboral, joins the efforts of the country by formulating different initiatives that seek to reduce the amount of solid waste that is disposed in the landfill, and guiding actions not only to manage them properly, but to prevent its continuing production. In a study of characterization of the ordinary solid waste from the central campus, it was determined that in 2016 the University sent 124 533 kg to the landfill, 19% of which corresponded to recycling materials that could have been managed by the Institutional Collection Center. Thus, via the implementation of clear and concise strategies, in 2018 the University reduced 57% of plastic waste and 50% of poly laminated waste, both sent before to the landfill. Besides, for the year 2019, the per capita waste production of the student residences was reduced by 47%, that means 22 856 kg of CO₂e less in that year, an action consistent with the Carbon-Neutrality Management System of the University.

Introducción

Por residuo sólido se entiende aquel material sólido o semisólido que proviene de actividades animales o humanas y que cuyo poseedor debe o requiere deshacerse de él [1], [2]. El acelerado incremento de estos residuos causa serios problemas ambientales, sociales y económicos; se estima que estos ocasionan el 18% de las emisiones antropogénicas de CH₄ del planeta y que su disposición, aun cuando se realice de manera controlada, trae consigo efectos relacionados con la contaminación del suelo y del agua, poniendo en riesgo la salud de las personas y el desarrollo económico de las localidades [3], [4].

Tipos de residuos sólidos

Las características de los residuos generados varían de una ciudad a otra de acuerdo con las condiciones climáticas, las tendencias de consumo y la economía de los sectores [3]. No obstante, los residuos sólidos pueden ser clasificados según su fuente (domiciliarios, hospitalarios, industriales, comerciales, agropecuarios, de construcción), su naturaleza fisicoquímica, su forma de manejo, la cantidad generada y el nivel de riesgo [2].

Manejo de residuos sólidos

El manejo de residuos se define como el conjunto de actividades técnicas y operativas que incluye el almacenamiento, la recolección, el transporte, la valorización, el tratamiento y la disposición final de los residuos [5]. Los rellenos sanitarios constituyen uno de los métodos más antiguos y utilizados para la disposición final de residuos en Costa Rica y el mundo. Dicha tecnología consiste en el aislamiento de los residuos sólidos en celdas impermeables dentro de la tierra, las cuales se interconectan por una serie de conductos que permiten la liberación de gases y lixiviados, producto de la descomposición de los materiales dispuestos [6].

Pese a que los rellenos sanitarios deberían constituir la última etapa en el manejo, se ha determinado que reciben hasta el 95% de los residuos sólidos municipales recolectados en el planeta y ocasionan así serios problemas ambientales [4]. En el año 2012, el 26,2% de las emisiones antropogénicas de CH_4 producidas en Costa Rica se originaron a partir de estos sistemas [7]. En un estudio realizado por Gworek y colaboradores, se les identificó como fuentes potenciales de contaminación por metales pesados [4], y autores como Hezhong *et al.* los describen como uno de los generadores más importantes de emisiones atmosféricas de mercurio [3].

Gestión Integral de Residuos Sólidos

La legislación costarricense define la Gestión Integral de Residuos (GIR) como “el conjunto articulado e interrelacionado de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación para el manejo de los residuos, desde su generación hasta la disposición final” [1]. Su formulación implica la toma de decisiones estratégicas, tácticas y operativas, en las que factores económicos, ambientales y sociales sean considerados para prevenir efectos nocivos a corto y largo plazo en el medio ambiente y la salud humana [8].

Estudio de caracterización de residuos sólidos

Para una gestión integral de los residuos sólidos, es necesario conocer su composición y generación. Esta información puede ser obtenida a partir de un estudio de caracterización o composición, el cual comprende todas las acciones emprendidas para conocer las propiedades intrínsecas de un residuo y cómo estas afectan el ambiente donde se encuentra [9]. Existen diversas metodologías que varían según el propósito de la caracterización, las limitaciones de tiempo y de recursos. Sin embargo, un estudio de composición comprende, de manera general, el muestreo de los residuos, seguido de su clasificación y, por último, el manejo y la interpretación de los datos obtenidos [10].

Situación actual

Según datos del Banco Mundial, en el año 2016 la población del planeta generó cerca de 2,01 billones de toneladas de residuos, y fueron los países más desarrollados los responsables de la mayor producción per cápita. Las proyecciones para el año 2030 estiman que la producción global alcanzará 2,59 billones de toneladas, y para el año 2050 será un 70% mayor con respecto a la generación actual [11].

En Costa Rica, el inadecuado manejo de los residuos constituye buena parte de la problemática ambiental, ya que después del sector energético, es la segunda fuente de emisión de CO₂e más importante del país [7]. Para el año 2006 se estimó una producción diaria de 3784 toneladas de residuos ordinarios, lo que se traduce en un aumento de 2,7 veces lo que se generaba en 1991. Esta cifra alcanzó las 4000 toneladas en el año 2014 y desde ese entonces se encuentra en incremento, sin embargo, a un ritmo más desacelerado [12].

Respecto al porcentaje de recuperación, el Ministerio de Salud estimó para el año 2014 que solo el 1,26% de los residuos municipales recolectados lograban ser destinados al reciclaje y el compostaje [13]. Esto significa que el 98,7% terminaba siendo dispuesto en vertederos municipales y rellenos sanitarios, agotando con mayor velocidad la vida útil de estos terrenos y generando importantes cantidades de CH₄, CO₂ y otros compuestos orgánicos volátiles [3].

Mediante la Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos publicada en 2016 el país se ha propuesto metas como aumentar para el año 2021 en un “15% el porcentaje de separación y recuperación de residuos a nivel nacional, para su posterior aprovechamiento” [13]. Asimismo, desde la promulgación de la Ley para la Gestión Integral de Residuos en el 2010, la administración de los residuos en Costa Rica ha mejorado, incorporando el principio de responsabilidad compartida, pero diferenciada, así como, la responsabilidad extendida del productor. Con la publicación de la Ley, se definen los tipos de residuos y se establecen los principios de jerarquización para su gestión integral, tal como se observa en la figura 1 [1].



Figura 1. Jerarquización en el manejo de residuos.

Fuente: Centro Nacional de Producción Más Limpia, 2007

En el caso del Tecnológico de Costa Rica, la Universidad ha sobresalido por su reconocido desempeño ambiental. Sin embargo, asegurar la adecuada gestión de los residuos sólidos sigue siendo parte de los principales retos que afronta. Según Mejías, el 16% de las emisiones de CO₂e que se originan en la Institución provienen de la generación de estos componentes [14].

En el año 2016, se realizó un estudio de generación y composición de los residuos sólidos ordinarios originados en la Sede Central de la Institución, en el cual se determinó que semanalmente se enviaban 2594,45 kg al relleno sanitario, de los cuales solo el 52% correspondían a componentes que no podían ser valorizados, mientras que el 27% se asociaba a residuos biodegradables, el 19% a valorizables y el restante 2% a peligrosos, eléctricos, electrónicos y textiles [15].

En razón de esos resultados, en los últimos años la creación de medidas para asegurar la gestión integral de los residuos sólidos ha sido un eje primordial para la Universidad, pues su implementación no solo lograría reducir los impactos que conlleva la disposición de estos materiales en los rellenos sanitarios, sino que reafirmaría el compromiso del Tecnológico de Costa Rica en formar profesionales con alta conciencia ambiental.

Materiales y métodos

Definición del caso estudiado

El estudio se desarrolló en la Sede Central del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), ubicada en la provincia de Cartago, cantón Central, Costa Rica. Esta es una institución nacional autónoma de educación superior universitaria que tiene como funciones principales la docencia, la investigación y la extensión de la tecnología y la ciencia, para el desarrollo del país.

El campus posee un área de 0,9 km², abarca más de 90 edificios de aulas, estructuras de más de 4 pisos, laboratorios, campos agropecuarios, servicios de alimentación, servicios médicos, espacios administrativos e instalaciones deportivas como gimnasio, cancha multiuso, plaza de fútbol, pista de atletismo, piscina y cancha de béisbol [16].

Según datos brindados por el Departamento de Admisión y Registro, en el año 2016 la población de estudiantes y funcionarios del campus fue de 9424, cifra que disminuyó en el año 2018 a 8670 personas. En el caso de las residencias estudiantiles, se cuantificó una población de 202 estudiantes en el año 2016. Para el año 2018, construido un nuevo edificio, la población se duplicó, de modo que en cada edificio habitaban 192 estudiantes, cifra que se mantuvo en el año 2019.

Desde el año 2013 la Universidad cuenta con la Unidad Institucional de Gestión Ambiental y Seguridad Laboral (GASEL), la cual se encarga, entre otras tareas, de diseñar e implementar programas que minimicen o prevengan el impacto ambiental y el riesgo laboral. Como parte de sus objetivos, se encuentra lograr la gestión integral de los residuos sólidos generados en el campus, por ello cuenta con el programa de Manejo de Residuos Institucionales (MADI), mediante el cual se recolectan y gestionan los residuos generados en la Institución.

Estudio de caracterización de los residuos sólidos ordinarios

El procedimiento se fundamenta en la Metodología para Estudios de Generación y Composición de Residuos Sólidos Ordinarios, presentada en el decreto n.º 37745-S [17]. Para su elaboración se consideraron los residuos sólidos no valorizables recolectados en los 15 contenedores ubicados en el Campus Central, durante una semana lectiva, en el año 2018.

Cabe señalar que para el sector de Residencias Estudiantiles se realizó el estudio primero en el año 2018 y luego en el 2019, dado que en los datos reportados por Calderón en el 2016 no se contempló la construcción de la nueva edificación.

A continuación, se describe el método empleado para la medición de cantidad y composición de los residuos en cada uno de los contenedores:

1. Preparar 10 bolsas plásticas transparentes y resistentes.
2. Recolectar todos los residuos sólidos del contenedor y trasladarlos a un sector cubierto y colocarlos en pavimento o sobre un plástico resistente y de tamaño adecuado para evitar el contacto directo de los residuos sólidos con el suelo.
3. Utilizando una balanza, medir la masa de las bolsas que contienen los residuos y anotar la masa total correspondiente del contenedor.

4. Verter el contenido de las bolsas sobre el área de trabajo formando un montículo.
5. Aplicar el método del cuarteo en caso de que la masa total de los residuos del contenedor supere los 250 kg.
6. Separar los componentes del montículo en bolsas previamente preparadas según las categorías presentadas en el decreto n.º 37745-S, como residuos biodegradables; papel y cartón; plásticos; vidrio; metales; textiles, cuero y hule; polilaminados (Tetra Pak); residuos peligrosos; residuos eléctricos y electrónicos, y otros componentes.
7. Medir y anotar la masa de cada una de las bolsas con las fracciones de los residuos, según la categoría a la que pertenezcan.
8. Dividir el peso neto de cada una de las categorías entre el peso total de la muestra según la ecuación 1. De esta forma se obtiene el porcentaje en peso de cada categoría para el estrato correspondiente en el día de recolección específico.

$$\text{Porcentaje en peso (\%)} = \frac{P_i}{W_t} \cdot 100 \quad (\text{ecuación 1})$$

Donde

P_i : peso neto de la categoría i en el estrato

W_t : suma de los pesos de todas las categorías

9. Repetir el procedimiento durante tres días de la semana de muestreo.

Es importante indicar que el procedimiento se realizó tres veces por cada contenedor, debido a que esta es la frecuencia en que los residuos son recolectados durante todas las semanas para ser dirigidos al relleno sanitario, por lo que con ello se pudo determinar la generación semanal.

En el muestreo realizado se utilizó una balanza digital con una incertidumbre de ± 0.01 y de capacidad máxima de 300 kg. Los muestreos se realizaron los martes, jueves y sábado, y el horario de estudio se estableció para después de las 15:00 por ser la hora en la que los colaboradores de la Unidad de Conserjería cesan sus labores, lo que garantizó que en los contenedores estuvieran todos los residuos sólidos generados durante el día.

Análisis de la información

Con la finalidad de analizar estadísticamente el comportamiento de la generación de residuos sólidos en cada uno de los contenedores, se realizó un análisis de correlación de multivariantes mediante el método de componentes principales, por medio del Software Minitab, versión 17.1.0. Cabe señalar que en la comparación de los estudios de caracterización para cada año (2018 y 2016) no se consideraron los contenedores de residencias estudiantiles, Comedor A ni Comedor B, dado que estos últimos fueron únicamente cuantificados en el 2018.

Las emisiones de CO_2 equivalente se calcularon mediante la ecuación 2, para la cual se utilizó un factor de emisión de $0,0581 \text{ kg CH}_4/\text{kg}$ de residuos sólidos, según lo reportado por el Instituto Meteorológico Nacional en su novena edición:

$$\text{Emisión} = CG * FE * PCG \quad (\text{ecuación 2})$$

Donde

CG: kg de residuos sólidos

FE: factor de emisión ($\text{kg CH}_4/\text{kg}$ de residuos sólidos)

PCG: potencial de calentamiento global para CH_4

Resultados

A partir del estudio de caracterización realizado, se obtuvieron los valores indicados en el cuadro 1, los cuales señalan que por semana 2521 kg de residuos fueron enviados al relleno sanitario en el año 2018, lo que representa una producción per cápita de 0,042 kg por día. Este valor es significativamente inferior al reportado en la literatura por instituciones de enseñanza superior como la Universidad Iberoamericana de México y la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador; de la última se reportó la generación de 0,30 kg/persona/día [18]; [19] sin embargo, el valor obtenido en el estudio aquí presentado se asimila a los reportes de la Universidad Nacional de Costa Rica y la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, los cuales indican la generación de 0,042 y 0,052 kg/persona/día respectivamente [20], [21].

Cuadro 1. Cantidad de residuos sólidos no valorizables generados
 semanalmente en el Campus Central en el año 2018.

Categoría	Cantidad (kg/ semana)	Producción per cápita (kg/persona/día)
Biodegradable	429,760	0,007
Papel y cartón	271,620	0,004
Plástico	105,733	0,002
Vidrio	12,095	0,000
Metales	41,888	0,001
Textiles	20,790	0,000
Polilaminados	28,195	0,000
Peligrosos	46,820	0,001
Eléctricos y electrónicos	22,095	0,000
Otros componentes	1 541,712	0,025
Total	2 520,708	0,042

*Los resultados no incluyen el sector de residencias estudiantiles, este se analizará independientemente más adelante.

En cuanto a la composición de los residuos, en la figura 2 se aprecia que el mayor porcentaje corresponde a la categoría de “Otros componentes”, los cuales no pueden ser valorizados mediante técnicas de reciclaje ni tratamientos biológicos como el compostaje; por lo tanto, es de esperar que la mayor fracción de residuos correspondan a esta clasificación. Seguidamente, se encuentran los “Residuos biodegradables”, para los cuales GASEL ha iniciado un proyecto piloto que pretende darles tratamiento.

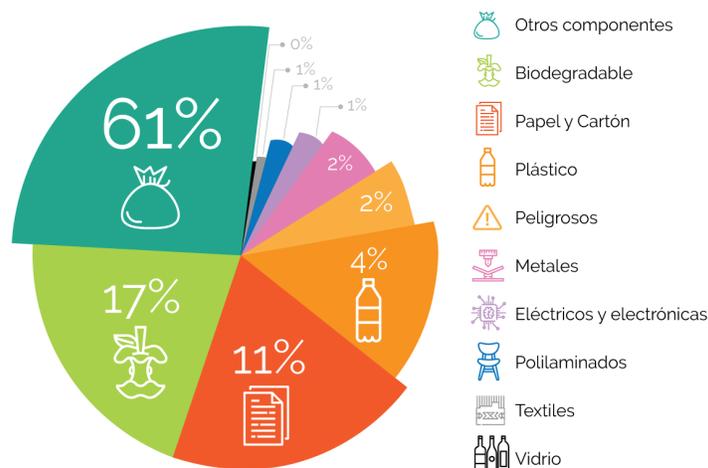


Figura 2. Composición de los residuos sólidos no valorizables generados semanalmente en el Campus Central en el año 2018.

Cabe señalar que el porcentaje de generación de residuos plásticos pasó de un 8,1% en el 2016 a un 4% en el 2018, debido a la implementación de medidas como la creación de la directriz de Eliminación de Plástico de un Solo Uso, que prohibió su compra, comercialización y uso, incluyendo los productos elaborados a partir del poliestireno expandido, mejor conocido como estereofón. La aprobación de esta directriz, con la cual se convirtió al ITCR en la primera universidad estatal libre de plástico de un solo uso, ha sido acompañada de capacitaciones y actividades que permiten a la población sustituir el material.

En cuanto a los sectores estudiados, en la figura 3 y la figura 4 se indica que para el año 2016 la mayor cantidad de residuos plásticos se generaban en contenedores cercanos a las sodas estudiantiles, ubicadas cerca de los edificios del Departamento de Aprovisionamiento, el área de Deportes y la Unidad de Transportes. En la figura 5 y la figura 6 se aprecia como este comportamiento cambió en el año 2018 gracias a las medidas mencionadas. Sin embargo, los resultados obtenidos para ese año señalaron que los mayores generadores de plástico en el 2018 fueron las Residencias Estudiantiles y la soda contigua al edificio de Deportes. Para esta última, se encontró que los residuos plásticos correspondían a materiales de embalaje que los operadores de la soda no separaron adecuadamente; de ahí la importancia de realizar estudios de composición de residuos sólidos para lograr identificar los aspectos de mejora.

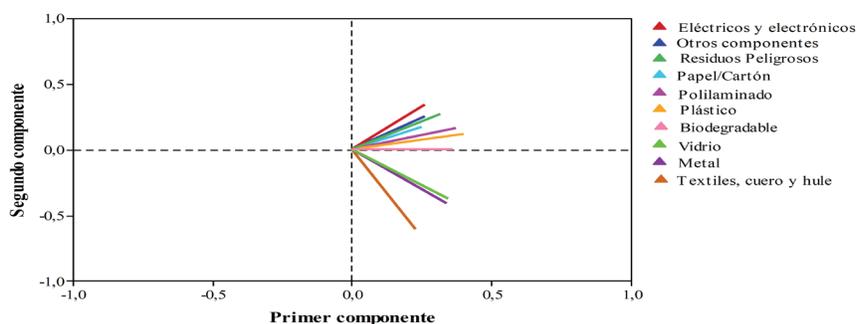


Figura 3. Gráfico de cargas relacionadas con los primeros dos componentes del estudio de caracterización del año 2016 “realizado por Vindas []”.

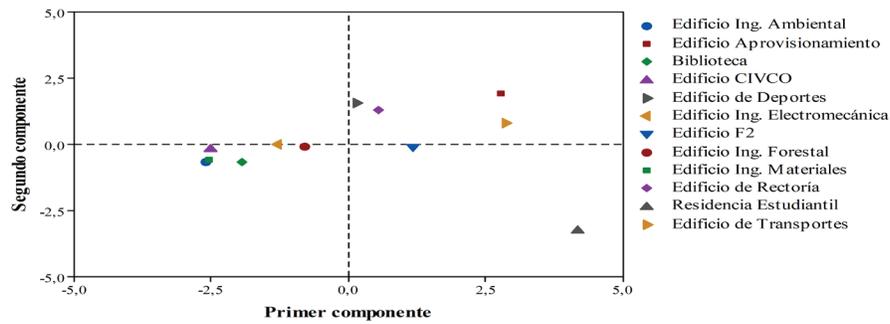


Figura 4. Gráfico de puntuaciones para los primeros dos componentes del estudio de caracterización del año 2016 “realizado por Vindas [1]”.

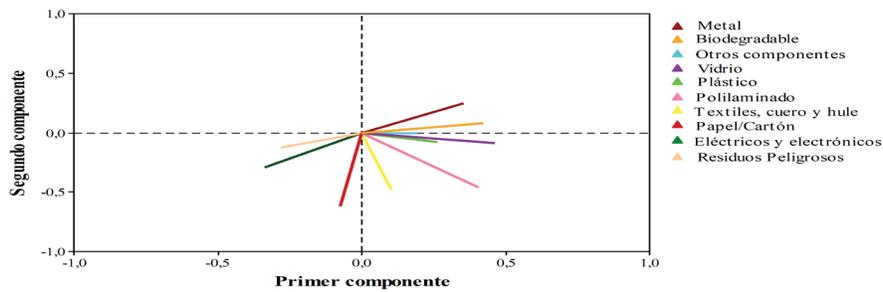


Figura 5. Gráfico de cargas correspondientes a los primeros dos componentes del estudio de caracterización del año 2018 “realizado por Vindas [1]”

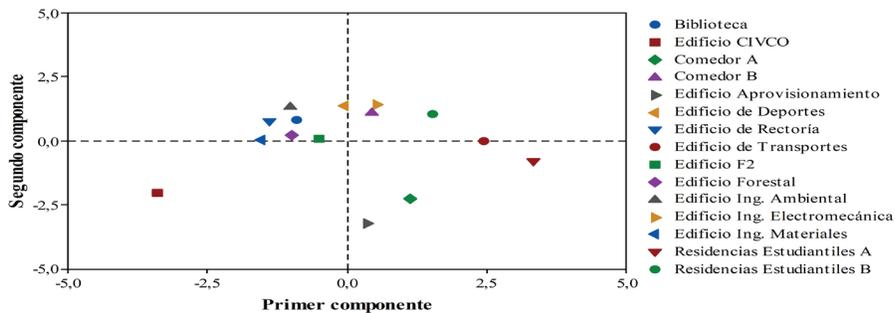


Figura 6. Gráfico de puntuaciones para los primeros dos componentes del estudio de caracterización del año 2018 “realizado por Vindas [1]”.

De manera general se indica en la figura 5 y la figura 6 que residuos valorizables como plástico, polilaminados, vidrio y metal fueron generados de modo correlacionado, pues hubo un ligero aumento en la generación de papel, cartón y vidrio, probablemente a causa de las medidas de sustitución del plástico de un solo uso, y en el caso de los residuos polilaminados, se evidencia una reducción del 50%.

Este análisis de correlación por multivariantes en el 2018 se reportó con un porcentaje de información contenida del 49,6% debido a la variabilidad de los datos obtenidos, mientras que en el 2016 se reportó con un 73,4% de variabilidad.

En cuanto a los desechos generados en las residencias estudiantiles, se encontró que en el año 2018 la generación per cápita fue de 0,216 kg/día, cifra significativamente inferior al promedio nacional de 1,1 kg/persona/día [12], y como resultado de las medidas implementadas en el 2019, la generación per cápita disminuyó todavía más en ese año, a un valor de 0,110 kg/día.

Como se observa en la figura 7, la mayor generación en el sector de residencias estudiantiles corresponde a los residuos biodegradables, los cuales se logró reducir en un 74% gracias a la ejecución de campañas para evitar la pérdida y el desperdicio de alimentos en la Institución, y a la implementación de un programa de separación de orgánicos, específicamente para las residencias. En cuanto a la generación de los residuos valorizables como papel, cartón, plástico, metal y polilaminados, se observa una reducción gracias a campañas de concientización, así como al cambio del etiquetado de todos los contenedores de residuos de la Institución, que ha facilitado la separación en la fuente. Esta disminución representa una reducción anual de 22 856 kg de CO₂ equivalente.

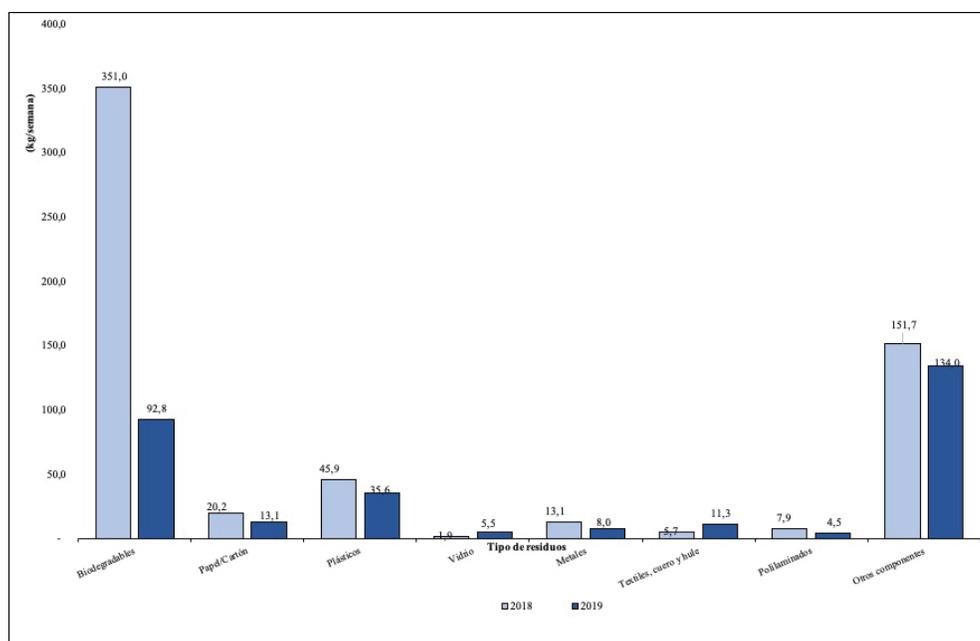


Figura 7. Generación de residuos en residencias estudiantiles en el periodo 2018 – 2019.

Cabe señalar que las medidas mencionadas se formularon a partir del estudio de composición de residuos sólidos elaborado por Calderón en el 2016 en el Campus Central [15]. De otras actividades implementadas puede conocerse en el cuadro 2.

Cuadro 2. Medidas implementadas en el periodo 2016-2018.

Medida implementada	Descripción
Evaluación de puntos de separación e instalación de nuevos puntos	Anualmente se evalúa la ubicación de los puntos de separación de cartuchos de tinta, baterías, residuos sólidos valorizables y ordinarios, de acuerdo con su utilización en ese periodo. Como resultado, se han instalado nuevos puntos de separación en los lugares en que se han identificado deficiencias y se han eliminado los basureros que entorpecían la adecuada separación de los residuos. Es importante mencionar que esta medida se implementó aunadamente a la eliminación de basureros convencionales en aulas y pasillos. Actualmente el campus cuenta con 113 centros de acopio de materiales (conocidos como baterías de reciclaje) para la separación adecuada de residuos. En el anexo 1 se adjunta el mapa que muestra su distribución.
Gestión de residuos especiales, peligrosos y bioinfecciosos	La Institución cuenta con un protocolo para manejar los residuos que no pueden ser reciclados, con gestores autorizados por el Ministerio de Salud de Costa Rica. De igual manera, para manejar los residuos peligrosos y bioinfecciosos.
Inclusión de criterios ambientales en las contrataciones de sodas y restaurantes	Se exige a los contratistas asegurar la adecuada separación de los residuos sólidos valorizables y no valorizables generados por los usuarios y en la preparación de los alimentos.
Digitalización de operaciones	Se implementó el uso de la firma digital y se fomenta el uso de la plataforma "TEC Digital" con el objetivo de compartir información entre los distintos miembros de la comunidad universitaria, sin consumo de papel.
Elaboración de planes de GIR diferenciados	Se crearon los planes de GIR en sectores particulares donde se generan cantidades importantes de residuos especiales, cuyas características impiden reciclarlos o enviarlos al relleno sanitario. Además, se crearon procedimientos para la gestión de los residuos de construcción generados en la remodelación y construcción de nuevos edificios.
Capacitación en la correcta separación de residuos sólidos	Durante el primer y segundo semestres se brindan charlas a funcionarios y estudiantes; a estos últimos durante cursos de asistencia obligatoria. En promedio se logra capacitar a 3000 personas por año. Como complemento, se realizan trabajos de voluntariado en el Centro de Acopio de la Institución y actividades para la recolección de residuos en comunidades cercanas
Directriz de eliminación de plásticos de un solo uso	Con esta directriz se ha eliminado gran cantidad de residuos como pajillas, bolsas plásticas, botellas plásticas, vasos, platos y tapas. Las sodas, los restaurantes ni los comerciantes tienen autorización para utilizar este tipo de productos dentro de la Institución.

Conclusiones

- El estudio de caracterización realizado en el 2018 indicó una producción per cápita diaria de 0,042 kg de residuos sólidos ordinarios en la Sede Central del ITCR.
- Se comprobó que mediante la aprobación de la directriz Eliminación del Plástico de un Solo Uso en la Institución, acompañada de capacitaciones y campañas relacionadas con ella, se logró disminuir en un 57% los residuos plásticos enviados al relleno sanitario.
- El componente de residuos polilaminados se redujo en un 50% como parte de los resultados del cambio de las etiquetas de los contenedores y las campañas de concientización.
- La generación de residuos sólidos en las residencias estudiantiles disminuyó en un 49% en el 2019, resultado de una producción per cápita de 0,110 kg de residuos diarios.

- En las residencias estudiantiles también se logró reducir en el año 2019 los residuos orgánicos generados en un 74% gracias a la implementación de un programa para la separación de residuos biodegradables y a campañas para la disminución del desperdicio de alimentos.
- El estudio de caracterización realizado permitió identificar malas prácticas en el manejo de residuos sólidos y mejorar los planes de gestión existentes.

Referencias

- [1] Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, Ley para la Gestión Integral de Residuos. Costa Rica, 2010, pp. 1–8.
- [2] M. Castillo and U. Hardter, *Integrated Solid Waste Management in Island Regions*. Quito, Ecuador: WWF, 2014.
- [3] H. Tian, J. Gao, J. Hao, L. Lu, C. Zhu, and P. Qiu, “Atmospheric pollution problems and control proposals associated with solid waste management in China : A review,” *J. Hazard. Mater.*, vol. 252–253, pp. 142–154, 2013.
- [4] B. Gworek, W. Dmuchowski, E. Koda, M. Marecka, A. Siczka, and P. Osi, “Impact of the municipal solid waste Łubna Landfill on environmental pollution by heavy metals,” *Water*, vol. 8, no. 470, 2016.
- [5] Presidencia de la República y Ministerio de Salud, *Reglamento sobre el Manejo de Residuos Sólidos Ordinarios*. 2010.
- [6] F. Bermúdez Koumineva, “Coincineración: una posible y controversial alternativa al manejo de los residuos. Caminar de espaldas hacia un laberinto”, *Ambientico*, vol. 261, no. 4, pp. 24–30, 2017.
- [7] A. R. Chacón Araya, G. Jiménez Valverde, J. Montenegro Ballesterero, J. Sasa Marín y K. Blanco Salas, “Inventario nacional de gases de efecto invernadero y absorción de carbono”, Ministerio de Ambiente y Energía, Instituto Meteorológico Nacional, Costa Rica, 2012.
- [8] H. Asefi and S. Lim, “A novel multi-dimensional modeling approach to integrated municipal solid waste management,” *J. Clean. Prod.*, vol. 166, pp. 1131–114, 2017.
- [9] A. Lagerkvist and L. Dahlén, “Solid waste generation and characterization,” in *Recovery of Materials and Energy from Urban Wastes: A Volume in the Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*, 2nd ed., N. J. Themelis and A. C. (Thanos) Bourtsalas, Eds. New York, NY: Springer New York, 2019, pp. 7–20.
- [10] M. Essonanawe et al., “Municipal solid waste composition: Sampling methodology , statistical analyses , and case study evaluation,” *Waste Manag.*, 2014.
- [11] S. Kaza, L. Yao, P. Bhada-Tata, and F. Van Woerden, *What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050*. Washington, DC: World Bank Publications, 2018.
- [12] Ministerio de Salud, *Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos 2016-2021*, Costa Rica, 2016.
- [13] Ministerio de Salud, *Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos 2016-2021*, Costa Rica, 2016.
- [14] R. Mejías Elizondo, “Sistema de gestión para la certificación carbono neutralidad en el Instituto Tecnológico de Costa Rica”, Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2018.
- [15] S. Calderon, “Evaluación de la gestión de residuos sólidos ordinarios en la Sede Central del Tecnológico de Costa Rica”, 2017.
- [16] “Campus Tecnológico Central Cartago”, en *Tecnológico de Costa Rica*, 2019. [Online]. Available: <https://www.tec.ac.cr/sedes/sede-central-cartago>. [Accessed: 29-Sep-2019].
- [17] Presidencia de la República y Ministerio de Salud, “Metodología para estudios de generación y composición de residuos sólidos ordinarios”. Costa Rica, 2013.
- [18] E. Coyogo, K. Gonzales, E. Heredia y R. Sánchez, “Recomendaciones para la caracterización y cuantificación de residuos sólidos universitarios. Caso de estudio: Universidad Politécnica Salesiana, campus sur, Quito”, *Rev. Ciencias la Vida*, vol. 23, no. 1, pp. 60–71, 2016.
- [19] M. Ruiz Morales, “Caracterización de residuos sólidos en la Universidad Iberoamericana, Ciudad de México”, *Int. Contam. Ambie*, vol. 28, no. 1, pp. 93–97, 2012.

- [20] J. Rojas-Vargas J. Bogantes, "Cuantificación y caracterización de los residuos sólidos ordinarios de la Universidad Nacional de Costa Rica, dispuestos en rellenos sanitarios,", UNICIENCIA, vol. 32, no. 2, pp. 57-69, 2018.
- [21] L. Castillo Meza y M. Luzardo Briceño, "Evaluación del manejo de residuos sólidos en la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga", Rev. Fac. Ing., vol. 22, no. 34, pp. 71-84, 2013.

Anexos

Anexo 1. Distribución de centros de transferencia de materiales en el Campus Central del Tecnológico de Costa Rica

