

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería
Ambiental

**“Estrategia para la optimización del sistema de separación y recolección de residuos
sólidos en la sede Ciudad Universitaria Rodrigo Facio de la Universidad de Costa
Rica”**

Sol Irazú Carpio Delgado

CARTAGO, noviembre, 2023

TEC | Tecnológico
de Costa Rica

ingeniería
ambiental

“Estrategia para la optimización del sistema de separación y recolección de residuos sólidos en la sede Ciudad Universitaria Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica”

Informe presentado a la Escuela de Química del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Ambiental con el grado de licenciatura

Miembros del tribunal

Ing. Macario Pino Gómez
Director

Ing. Andrés González Córdoba, MBA
Lector 1

Ing. Andrea Acuña Piedra
Lector 2

M. Sc. David Isasi Hernández Parra
Coordinador COTRAFIG

Dr. Guillermo Calvo Brenes
Director Escuela de Química

M.Sc. Diana Zambrano Piamba
Coordinadora Carrera de Ingeniería Ambiental

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi mamá, la persona que ha dedicado cada segundo de su vida, desde que existo, en hacer todo lo que esté en sus manos por darme las mejores oportunidades y enseñanzas para mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer en primer lugar a Dios y a mis padres, quienes han sido mi más grande apoyo para convertirme en la persona que soy hoy en día.

Un agradecimiento a todas las personas con las que crucé caminos durante los 5 años de vida universitaria en el Tecnológico de Costa Rica, profesores y compañeros de la carrera de Ingeniería Ambiental, pues forman una parte muy importante de mi desarrollo profesional.

Adicionalmente quiero dar un agradecimiento especial a las personas que de una u otra forma colaboraron con la ejecución de este trabajo:

Al Ing. Macario Pino Gómez le agradezco por su disposición incondicional desde el primer momento para acompañarme en el desarrollo del trabajo.

A los lectores, el Ing. Andrés González y la Ing. Andrea Acuña, quienes son ejemplo de la calidad de profesionales que forma nuestra carrera, y les agradezco por el tiempo invertido en la lectura y correcciones del documento.

A todo el personal de la UCR que me acompañó y ayudó con absoluta disposición en la ejecución experimental del estudio.

Y al Ing. José Matamoros, por sus aportes e ideas en el análisis de datos y por su incondicional apoyo y confianza hacia mi persona en los últimos seis años.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	10
Abstract	11
1 Introducción	12
1.1 <i>Objetivos</i>	13
1.1.1 Objetivo general	13
1.1.2 Objetivos específicos	13
2 Revisión de literatura	14
2.1 <i>Residuos sólidos</i>	14
2.1.1 Generalidades	14
2.1.2 Problemáticas actuales	15
2.1.3 Contexto nacional	16
2.1.4 Manejo integral	17
2.2 <i>Centros de educación superior pública y la gestión de residuos</i>	20
2.3 <i>Gestión de residuos sólidos en la sede ciudad universitaria rodrigo facio de la ucr</i>	21
2.3.1 Antecedentes	21
2.3.2 Análisis del entorno	23
3 Materiales y métodos	27
3.1 <i>Lugar de estudio</i>	27
3.2 <i>Análisis de la situación actual de la separación y recolección de residuos</i>	28
3.2.1 Recopilación y análisis de datos históricos	28
3.2.2 Visitas a la sede	28
3.2.3 Encuesta “Sondeo de conocimiento en separación de residuos sólidos”	29
3.2.4 Estudio de generación y composición de residuos sólidos	32
3.3 <i>Lineamientos para la separación de residuos en la fuente y para las condiciones de los centros de transferencia</i>	36
3.3.1 Separación de residuos en la fuente	36
3.3.2 Condiciones de los centros de transferencia	37
3.4 <i>Sistema optimizado de recolección de residuos sólidos ordinarios</i>	37
4 Resultados y discusión	39

4.1	<i>Análisis de la situación actual de la separación y recolección de residuos</i>	39
4.1.1	Hallazgos de los datos históricos y visitas a la sede	39
4.1.2	Resultados de la encuesta “Sondeo de conocimiento en separación de residuos sólidos”	41
4.1.3	Estudio de generación y composición de residuos sólidos	48
4.2	<i>Lineamientos para la separación de residuos en la fuente y para las condiciones de los centros de transferencia</i>	53
4.3	<i>Sistema optimizado de recolección de residuos</i>	57
4.4	<i>Plan de acción</i>	63
5	Conclusiones y recomendaciones	67
6	Referencias	69
	Apendices	73
	Apéndice 1: Encuesta “Sondeo de grado de conocimiento en separación de residuos sólidos”	74
	Apéndice 2: Herramienta para recopilar y procesar las respuestas de la encuesta “Sondeo de grado de conocimiento en separación de residuos sólidos”	85
	Apéndice 3: Evidencias del estudio de generación y composición de residuos	86
	Apéndice 4: Herramienta de microsoft excel para recopilar y procesar la información del Estudio de generación y composición de residuos.	87
	Apéndice 5: Instructivo para el estudio de generación y composición de residuos finca 1, ucr.	91
	Apéndice 6: Encuesta “Registro de uso de Centros de Transferencia en Rodrigo Facio”.	92
	Apéndice 7: Preguntas complementarias de la encuesta “Sondeo de conocimiento en separación de residuos sólidos”	101
	Apéndice 8: Datos ingresados a la herramienta sweet para el cálculo de reducción de emisiones	104
	Anexos	107
	Anexo 1: Mapas detallados de zonificación por subcategorías para las 3 fincas de la sede universitaria	108

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Categorización de residuos en Ciudad Universitaria Rodrigo Facio según la ENSRVR. [25].....	23
Figura 2.2 Organización de la OSG de la UCR. [28].....	24
Figura 3.1 Ubicación geográfica de las 3 fincas de la sede Ciudad Universitaria Rodrigo Facio de la UCR.	27
Figura 3.2 Ubicación de los 15 CT de Finca 1 de la UCR.	34
Figura 3.3 Metodología seguida para el cuarteo de las bolsas muestreadas.....	35
Figura 4.1. Categorías, orden y colores para los recipientes de separación de residuos según la ENSRV.	40
Figura 4.2 Porcentaje de estudiantes que han recibido capacitación o no en el tema de manejo de residuos sólidos.....	44
Figura 4.3 Porcentaje de población capacitada en manejo de residuos sólidos, según las diferentes unidades académicas de la universidad.	44
Figura 4.4 Porcentaje de población que ha sido capacitada en manejo de residuos, por parte de la UCR.	45
Figura 4.5 Respuestas a la pregunta ¿separa usted los residuos que genera en su hogar? ...	46
Figura 4.6 Porcentaje de población universitaria que separa los residuos que genera en el campus.....	46
Figura 4.7 Porcentaje de la población que conoce como separar los residuos que genera de manera correcta.....	47
Figura 4.8. Percepción sobre si se cuenta con un modelo estandarizado para separar los residuos o no en la universidad.....	47
Figura 4.9 Composición de la muestra de residuos del estudio del mes de setiembre.	49
Figura 4.10 Composición de la muestra de residuos del estudio del mes de octubre.	49
Figura 4.11 Residuos de papel y cartón para los estudios de setiembre (a) y octubre (b)....	50
Figura 4.12 Resultados de estimación de emisiones por la herramienta SWEET.....	53
Figura 4.13 CT con contenedores de residuos llenos.	57
Figura 4.14. Propuesta de ruta para finca 1 de la sede Rodrigo Facio Brenes.	60
Figura 4.15 Propuesta de ruta para finca 2 de la sede Rodrigo Facio Brenes.	60
Figura 4.16. Propuesta de ruta para finca 3 de la sede Rodrigo Facio Brenes.	61

LISTA DE CUADROS

Cuadro 4.1 Principales fuentes de datos analizadas y hallazgos derivados de estas.	39
Cuadro 4.2 Evidencias de incumplimiento de la ENSRVR en el campus universitario.	41
Cuadro 4.3. Datos requeridos para el cálculo de la muestra requerida.	42
Cuadro 4.4. Determinación de la muestra requerida de estudiantes a encuestar, por unidad académica.	42
Cuadro 4.5 Registro de los datos de las muestras del estudio de generación y composición.	48
Cuadro 4.6 Registros históricos de peso de residuos generados en la sede Ciudad Universitaria Rodrigo Facio [34].	51
Cuadro 4.7. Cálculos aproximados de toneladas de generación de residuos anual por tipo de residuo.	51
Cuadro 4.8 Emisiones derivadas de la gestión de residuos sólidos en relleno sanitario.	52
Cuadro 4.9. Cálculos del tiempo necesario para la capacitación de los estudiantes de la sede universitaria.	54
Cuadro 4.10 Datos para el cálculo de la distancia optima entre islas de separación de residuos.	55
Cuadro 4.11 Distancias de los diferentes tipos de recorrido que realiza el camión recolector en cada ruta.	59

LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS (escriba en esta página la lista de siglas y acrónimos)

CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CT	Centro de Transferencia
ENSRVR	Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos Sólidos
GASEL	Unidad Institucional de Gestión Ambiental y Seguridad Laboral del TEC
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IMN	Instituto Meteorológico Nacional
ITCR ó TEC	Instituto tecnológico de Costa Rica
UCR	Universidad de Costa Rica
UGA	Unidad de Gestión Ambiental
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OSG	Oficina de Servicios Generales
PCG	Potencial de Calentamiento Global
PGAI	Programa de Gestión Ambiental Institucional

RESUMEN

En la actualidad se reconoce el importante papel que cumplen las instituciones de educación superior en la transición hacia una sociedad más sostenible mediante esfuerzos para reducir su impacto ambiental, pero también el de la comunidad que les rodea. Específicamente en relación al tema de residuos sólidos, se espera que estas instituciones implementen prácticas de gestión con el menor impacto a las personas y al planeta. A pesar de lo anterior, se ha evidenciado que la Universidad de Costa Rica (UCR), pionera de los centros de educación superior del país, presenta oportunidades de mejora en el tema de la gestión de los residuos que se generan en sus instalaciones. El presente trabajo muestra un análisis de la situación actual de la separación y recolección de residuos en la sede Rodrigo Facio y plantea una estrategia para optimizar las etapas de separación y recolección de residuos en el campus. Se pudo comprobar que, aunque la universidad ha establecido a nivel teórico compromisos ambientales en la gestión de residuos, no todos han logrado ser implementados en la práctica. Alrededor del 60% de la población universitaria carece de los conocimientos para aplicar correctas técnicas de separación de residuos. Esto resulta en una gran fracción de residuos ordinarios compuesta por materiales valorizables que no fueron separados en la fuente. Se debe aplicar una serie de medidas correctivas para lograr la optimización de la separación y recolección de residuos en la sede.

Palabras clave: Gestión de residuos sólidos, Instituciones de educación superior, Universidad de Costa Rica, Separación de residuos, Recolección de residuos, Sostenibilidad.

ABSTRACT

Currently, the significant role played by higher education institutions in the transition to a more sustainable society is acknowledged through efforts to clean up their own footprint, as well as that of the surrounding community. Specifically, regarding the issue of solid waste, it is expected that these institutions implement management practices with the least potential impact on people and the planet. Despite this, it has been evident that the University of Costa Rica (UCR), a pioneer among the country's higher education centers, has opportunities for improvement in waste management on its premises. This work presents an analysis of the current situation of waste separation and collection at the Rodrigo Facio Brenes campus and proposes a strategy to optimize the stages of waste separation and collection on the campus. It was found that, although the university has theoretically established environmental commitments in waste management, not all of them have been successfully implemented in practice. Around 60% of the university population lacks the knowledge to apply proper waste separation techniques, resulting in a large fraction of valuable materials being mixed in with non-valuable waste. Corrective measures must be implemented to achieve the optimization of waste separation and collection at the campus.

Key words: Waste management, Higher Education Institutions, University of Costa Rica, Waste separation, Waste collection, Sustainability.

1 INTRODUCCIÓN

Los centros de educación superior se caracterizan por su rol primordial en el desarrollo de la innovación, así como en la difusión del conocimiento, sin embargo, en muchas ocasiones se han quedado atrás en temas de sostenibilidad en sus operaciones [1]. Lo anterior ha motivado esfuerzos por parte de las universidades para llevar a cabo acciones que les permitan no solo reducir su huella ambiental si no también contribuir a las comunidades que les rodean [1]. Se ha evidenciado el aporte de estos centros como agentes de cambio en cuanto preparan a los jóvenes profesionales no solo para la vida laboral sino también para la sociedad [2].

Por otro lado, uno de los temas que más inquieta a la sociedad en la actualidad es el aumento en la cantidad de residuos sólidos generados en el mundo. Así mismo, crece también la preocupación por encontrar formas de manejar estos materiales, de manera tal que se pueda reducir su impacto potencial hacia la sociedad y el planeta [3].

La Universidad de Costa Rica (UCR), es la institución de educación superior más antigua del país, posee gran prestigio y reconocimiento a nivel nacional e internacional. Específicamente en su sede universitaria Rodrigo Facio se concentra una población total que asciende a más de 40 000 personas entre estudiantes y funcionarios. Debido a su conformación por diferentes departamentos y una amplia comunidad estudiantil, existe una gran complejidad en las actividades que se llevan a cabo en esta, las cuales como resultado ocasionan altos consumos de recursos y un impacto sobre el ambiente mediante descargas de residuos [4].

Estudios en universidades de Italia y Portugal han demostrado los beneficios de la implementación de un ambicioso manejo de los residuos sólidos. Al aplicar una estrategia que consiste en 4 etapas: preparación, diseño, implementación y evaluación y control, la universidad de Lisboa, así como la de Milano-Bicocca lograron evidenciar aumentos en los residuos sólidos valorizables separados y un mayor interés por parte de la comunidad universitaria en la gestión de los residuos. Los resultados incluso fueron analizados mediante metodologías de análisis de ciclo de vida (LCA, por sus siglas en inglés), para determinar el impacto positivo potencial al ambiente derivado de la aplicación de esta estrategia [1]

En respuesta a lo anterior surge la necesidad de establecer una estrategia para la separación y recolección de residuos sólidos en la sede Rodrigo Facio Brenes de la Universidad de Costa Rica. Para lograr esto se llevó a cabo un análisis de la situación actual donde se recopiló información sobre la capacitación de la comunidad universitaria en el manejo de residuos, así mismo se ejecutó un estudio de generación y composición de residuos y finalmente se realizó un mapeo del sistema actual de recolección en la sede. Con base en los resultados obtenidos se plantearon lineamientos para la separación de residuos en la fuente, así como, un sistema de recolección optimizado.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Generar una estrategia de optimización del sistema de separación y recolección de residuos en la sede Ciudad Universitaria Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica.

1.1.2 Objetivos específicos

Analizar la situación actual de la separación y recolección de residuos en la sede central Ciudad Universitaria Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica.

Plantear lineamientos para la separación de los residuos en la fuente, así como para las condiciones de los centros de transferencia.

Diseñar un sistema optimizado de recolección de residuos en la sede central Ciudad Universitaria Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 RESIDUOS SÓLIDOS

2.1.1 Generalidades

Para entender las generalidades de los residuos sólidos es importante iniciar con algunos conceptos clave que se utilizarán a lo largo del presente documento.

La Ley para la Gestión Integral de Residuos de Costa Rica define el término “residuo” como cualquier “material sólido, semisólido, líquido o gas, cuyo generador o poseedor debe o requiere deshacerse de él y que puede o debe ser valorizado o tratado responsablemente o, en su defecto, ser manejado por sistemas de disposición final adecuados” [5].

Para efectos de este trabajo, se estará haciendo una delimitación a los residuos del tipo sólidos, específicamente aquellos que se consideran ordinarios, cuya composición es similar a los generados en las viviendas como consecuencia de las actividades domésticas, y se excluyen los de manejo especial o peligroso [5].

Los residuos sólidos ordinarios, popularmente conocidos como basura o desechos, poseen una composición variada de materiales. En Costa Rica se hace una clasificación entre los valorizables y los no valorizables. El primer término comprende aquellos que pueden ser extraídos de la corriente de desperdicios para darles un nuevo valor por medio de procesos de reciclaje, co-procesamiento¹[6], reensamblaje u otro método técnico que permita recuperar el material o bien aprovecharlo como fuente de energía [5]. A su vez, este conjunto incluye los orgánicos, los cuales son aquellos que “se descomponen gracias a la acción de los desintegradores u organismos descomponedores” [7], como los restos de comida o jardín. Por otra parte, los no valorizables son aquellos que no pueden ser aprovechados debido a la falta de opciones para su transformación o mercadeo y que normalmente terminan en sitios de disposición final como rellenos sanitarios²[8], en el mejor de los casos [7].

En concordancia con lo anterior, la capacidad de un residuo de ser valorizable o no va a depender, en gran parte, de los sistemas de aprovechamiento que se encuentren disponibles

¹ **Co-procesamiento:** Proceso de aprovechamiento del poder calorífico de los residuos como materia prima o combustibles alternos en procesos industriales que requieren altas temperaturas como la industria de cemento, acero, vidrio y la generación de energía.

² **Relleno sanitario:** Sitio final de disposición de residuos cuya superficie ha sido previamente acondicionada de manera tal que se evite la degradación del suelo, la contaminación de las fuentes de agua y el aire.

en el lugar donde estos se generen, o bien, de su capacidad para ser transportados a otro sitio con mayores opciones de valorización [7].

Algunos ejemplos de materiales frecuentemente considerados como valorizables son el plástico (principalmente del tipo PET, HDPE, LDPE o PP), aluminio, latón, papel, cartón, y vidrio. A la vez, algunos ejemplos de residuos que comúnmente se clasifican como no valorizables son las servilletas, el papel higiénico, el vidrio plano, también aquellos que están compuestos por mezclas de materiales como algunos plásticos laminados, mixturas de plástico con aluminio o lámparas que se componen de vidrio, plástico y metal. Cabe resaltar, que se ha enlistado una serie de desechos que por lo general no se valorizan, pero esto no quiere decir que sean del todo inservibles, ya que, bajo condiciones muy específicas para cada uno de ellos, es probable que pueda volvérselos a dotar de valor.

2.1.2 Problemáticas actuales

Las actividades humanas siempre han producido desechos, esto no era un problema notable cuando las poblaciones eran relativamente pequeñas. Sin embargo, como la generación de residuos es un fenómeno que va de la mano con el crecimiento poblacional, la urbanización y el desarrollo económico, se ha acrecentado la preocupación en el tema. Conforme las ciudades crecen y se llenan de personas, se ofrece una mayor cantidad servicios y bienes, lo cual conlleva a su vez a un aumento en los residuos. En la actualidad muchos países siguen desarrollándose sin lograr establecer sistemas de gestión adecuados [3].

Aunado a lo anterior, la problemática en los patrones de consumo, los estilos de vida y la manera que se produce también contribuye en acrecentar la magnitud del problema [9]. Por lo tanto, si se continua con un escenario habitual sin cambios, se espera que en los próximos 30 años los residuos sólidos municipales crezcan en un 70% [3].

En adición, la incorrecta gestión de los residuos es un factor que contribuye al cambio climático. Tan solo para el año 2016, se estima que las emisiones por manejo de residuos sólidos representaron un 5% del total de emisiones mundiales. Se prevé que, si no existen mejoras en este ámbito, para el año 2050 las toneladas de carbono equivalente relacionadas a los residuos sólidos podrían crecer en un 60% [3].

De acuerdo con lo anterior, la adecuada gestión de los residuos sólidos es crucial para lograr un desarrollo sostenible [10]. A pesar de ello, la Comisión Económica para América Latina

y el Caribe (CEPAL) ha mencionado que en la región se continua con una alta intensidad en el uso de materiales, aumentando la cantidad de desechos y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) [11].

Asimismo, específicamente en Costa Rica, pese a que el país lleva 31 años evolucionando en el desarrollo ambiental, para el año 2017 el Informe del Estado del Ambiente detallaba que en el contexto de estilos de vida, producción y consumo con conciencia ambiental aún persiste el reto de la falta de cumplimiento de la Ley para la Gestión Integral de Residuos [12].

2.1.3 Contexto nacional

Costa Rica cuenta con la Ley para la Gestión Integral de Residuos N° 8839, la cual entró en vigor a partir del año 2010 con el objetivo de “regular la gestión integral de residuos y el uso eficiente de los recursos, mediante la planificación y ejecución de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, ambientales y saludables de monitoreo y evaluación” [5].

De esta manera, esta ley es la encargada de definir las responsabilidades de los actores involucrados, promover la jerarquización de los residuos, el desarrollo de sus mercados y el mejoramiento de la infraestructura, dar incentivos para cumplir con las metas, involucrar a los generadores, entre otras acciones [5].

Adicionalmente, el país cuenta con el Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos, el cual busca concretar las estrategias para cumplir con la ley. También, a este se le suman una variedad de reglamentos que se separan según el tipo de residuo (ordinarios, especiales, peligrosos) y otros que se relacionan con el tema [13].

A pesar de todo lo que se encuentra establecido, al año 2020 Costa Rica contó con un porcentaje de recuperación de residuos menor al 7%. De hecho, según el informe “Estudios económicos de la OCDE: Costa Rica 2020” esta fue una de las deficiencias del país, donde se recicla aproximadamente 5 veces menos que en el resto de los países miembros. Con el fin de conseguir una mejora progresiva en estos porcentajes, se trabaja en la gestión y el manejo de residuos del país [14].

2.1.4 Manejo integral

Es importante diferenciar entre los conceptos de gestión y manejo integral de los residuos. En Costa Rica, según la ley N° 8839 el primero hace referencia al “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”, mientras que el segundo se refiere a una serie de medidas técnicas y administrativas que se deben llevar a cabo con el fin de lograr alcanzar los mandamientos de la ley [5].

El manejo integral de los residuos sólidos también puede ser entendido como aquellas actividades que se relacionan directamente con su manipulación, desde donde se generan hasta su disposición final [15]. Este proceso puede ser descompuesto en una serie de etapas: generación, acumulación, acondicionamiento, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento, valorización o recuperación y por último la disposición final [15].

Bajo un escenario óptimo, se espera poder cumplir a cabalidad todas o la mayoría de las etapas antes mencionadas, sin embargo, esto no siempre sucede así. Para el caso de la región de América Latina y El Caribe, por ejemplo, “ha prevalecido el manejo de los residuos bajo el esquema de “recolección y disposición final” dejando rezagados el aprovechamiento, reciclaje y tratamiento de los residuos, así como la disposición final sanitaria y ambientalmente adecuada” [15]. Costa Rica también es evidencia de este comportamiento en cuanto alrededor de un 90% de los residuos generados terminan en rellenos sanitarios, vertederos o sitios no controlados [16].

Para efectos del presente trabajo, se considera el enfoque de la estrategia en las etapas de generación, separación y recolección de los residuos sólidos.

Generación y separación

La generación es la primera etapa del manejo de residuos sólidos y comprende el resultado de las diversas actividades humanas; desde acciones cotidianas como comer, hasta otras más complejas o específicas que conlleven a producir materiales de los cuales las personas quieren deshacerse. De esta manera, se encuentra directamente ligada a patrones de consumo, condiciones climáticas, crecimiento en actividades industriales y comerciales, entre otros factores [15].

Los esfuerzos por controlar esta primera etapa se remontan años atrás. Desde la Cumbre de la Tierra, que se llevó a cabo por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en Río de Janeiro en 1992, cuatro áreas de programas fueron formuladas [15]:

- Reducción al mínimo de los residuos.
- Aumento al máximo de la reutilización y reciclado ecológico de los residuos.
- Promoción de la eliminación y el tratamiento ecológicamente racional de los residuos.
- Ampliación del alcance de los servicios que se ocupan de los desechos.

Estas áreas aun aplican en la actualidad y con el fin de cumplir tales propósitos se pueden llevar a cabo acciones como lograr que la población participe y se involucre, promulgar legislación ambiental aplicable para cada territorio, así como realizar estudios de clasificación y caracterización de los residuos [15].

Por lo general, los residuos sólidos no suelen ser clasificados en la fuente ni en las etapas de recolección, transporte y disposición final [17], o bien, su separación es parcial. Debido a esta realidad, la recolección suele llevar materiales mixtos que aumentan el volumen total de residuos considerados como no valorizables con algunos que en realidad tienen capacidad de ser valorizados [18]. De esta forma, surge la necesidad de realizar estudios que permitan comprender la composición de los residuos en la fuente y a partir de estos resultados proponer mejoras en la etapa de separación.

En concordancia con lo anterior, los estudios de generación y composición de residuos sólidos ordinarios son una herramienta de gran utilidad para la planificación y toma de decisiones en las etapas posteriores de manejo como la separación, recolección y la disposición final. Con un conocimiento de la manera en que se están clasificando los residuos y de su composición, se puede lograr seleccionar los mejores equipos e instalaciones, así como evaluar la posibilidad de recuperar recursos y energía [15].

Costa Rica cuenta con una Metodología para Estudios de Generación y Composición de Residuos Sólidos Ordinarios oficializada mediante el Decreto Ejecutivo 37745, como referencia para “conocer la cantidad y composición de los residuos sólidos ordinarios generados, con el fin de permitir una planificación y un monitoreo de la implementación de la gestión integral de los residuos sólidos a nivel local” [19].

Por otra parte, la acumulación es la etapa que prosigue y esta comprende el llenado de los recipientes con los residuos en un área cercana al punto de generación. La gestión integral de

residuos sugiere que al llevar a cabo la acumulación se debe realizar simultáneamente una separación. Este proceso pretende desagregar los tipos de residuos generados, evitando que se mezclen entre sí, con el fin de llevar cada uno de estos a su más adecuada disposición final [15]. Para efectos de este trabajo la propuesta de estrategia, a nivel de acumulación, se concentrará en la separación.

Una vez que los residuos fueron generados y separados, se almacenan en sitios dispuestos para este fin. Posterior a esto, se procede con la etapa de la recolección, que se explica en el siguiente apartado.

Recolección

La recolección incluye todos los procesos que se llevan a cabo desde que los residuos son almacenados en un lugar específico, su posterior recolección y su transporte hasta que llegan a un sitio para su valorización, tratamiento o disposición final; incluye también la limpieza de calles, caños y espacios públicos. Se considera esta etapa como la más significativa en el manejo de residuos sólidos según criterios de costos e impacto a los ambientes urbanos y a la salud pública [20].

Existen diferentes métodos para llevar a cabo esta etapa, en los cuales se presentan variaciones en tiempos y puntos de recolección, así como formas de cargar y transportar el material. Para lograr una adecuada recolección, no es correcto buscar un sistema ya existente y aplicarlo directamente a un contexto específico, sino que se necesita primero tomar en cuenta diversos factores del lugar para el cual se dará el servicio [20].

Se debe procurar una buena relación entre las condiciones locales y el sistema propuesto. Algunos aspectos necesarios de considerar son por ejemplo las características de los residuos (cantidad y composición), factores sociales y económicos, otros detalles como el equipo o maquinaria a elegir, la temperatura, las condiciones de las calles y la accesibilidad, la capacidad y experiencia de la administración local y la legislación existente [20].

El objetivo de un sistema de recolección adecuado es que pueda operar de manera sostenible con los recursos financieros disponibles. Se debe desarrollar y utilizar el equipo adecuado que tenga buen rendimiento y también buscar la cooperación y aprobación por parte de la comunidad servida [20].

2.2 CENTROS DE EDUCACIÓN SUPERIOR PÚBLICA Y LA GESTIÓN DE RESIDUOS

El manejo de los residuos sólidos se puede dar de manera sostenible, en cuanto se haga la transición de un modelo de consumo lineal a uno con perspectiva de economía circular. Es decir, se debe dejar atrás el patrón de extracción, producción, consumo y disposición, y en su lugar avanzar hacia una era donde aumente la eficiencia de los recursos y exista una armonía entre la sociedad, el ambiente y la economía [21].

En este sentido, los centros de educación superior cumplen un papel muy importante como agentes de cambio en la sociedad. El rol crítico de las universidades en el desarrollo sostenible radica en que estas se encargan de formar profesionales no solo para el mercado laboral, sino también para la vida en sociedad [21].

Educación para la sostenibilidad implica cambios en la cultura y los valores, donde será necesario contar espacios para reflexionar y discutir sobre el tema. De esta manera, si las universidades toman responsabilidad e implementan acciones ambientales en sus actividades, es posible que inculquen nuevos patrones de conducta en la comunidad, que contribuyan al desarrollo sostenible [2].

Se han presentado ejemplos prácticos de lo anterior en países como Italia y Portugal. Un estudio de caso que implementa prácticas ambiciosas en la gestión de residuos sólidos de las universidades de Milán-Biocca, así como el Instituto Superior Técnico de la Universidad de Lisboa, dio como resultado mayores porcentajes de recuperación de residuos valorizables y un mayor involucramiento de la población universitaria en la gestión de estos [1].

Estos productos se traducen en grandes contribuciones a diferentes categorías de impacto al medio ambiente. De hecho, según el caso del Instituto Superior Técnico, se utilizó el método de LCA con el software Simapro y las bases de datos Ecoinvent, determinando que un campus como el suyo, el cual genera 215 toneladas de residuos anuales, al implementar una separación del 50% de los residuos puede contribuir a una reducción de más de 32 toneladas de CO₂ equivalentes liberadas a la atmósfera [1].

Relacionando lo anterior con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), la incorporación de una agenda con actividades relacionadas a un manejo sostenible de los residuos sólidos podría contribuir en el alcance de las siguientes metas correspondientes al ODS número 12 “Producción y consumo responsables” [22]:

- 12.5 De aquí a 2030, reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.
- 12.8 De aquí a 2030, asegurar que las personas de todo el mundo tengan la información y los conocimientos pertinentes para el desarrollo sostenible y los estilos de vida en armonía con la naturaleza.
- 12.a Ayudar a los países en desarrollo a fortalecer su capacidad científica y tecnológica para avanzar hacia modalidades de consumo y producción más sostenibles.

2.3 GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA SEDE CIUDAD UNIVERSITARIA RODRIGO FACIO DE LA UCR

2.3.1 Antecedentes

La Universidad de Costa Rica (UCR) es una institución de educación superior pública que cuenta con autonomía universitaria. Fue constituida en el año 1940 y gracias a su aporte al país, en el 2001 fue declarada, por parte de la Asamblea Legislativa, Institución Benemérita de la Educación y la Cultura Costarricense mediante la Ley No 8098. [23].

En la actualidad cuenta con 8 sedes distribuidas a lo largo del país. El presente trabajo se llevó a cabo específicamente para la sede central denominada Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. En ella, se encuentra matriculado el mayor porcentaje de estudiantes en pregrado, grado y posgrado de la universidad [24].

La UCR está conformada por diferentes departamentos que forman un sistema integral: administración, docencia, investigación, vida estudiantil y acción social. De esta manera, existe una gran complejidad en las actividades que se llevan a cabo, las cuales como producto del crecimiento de la comunidad universitaria generan altos consumos de recursos como “el agua, la electricidad, el papel, la tinta, los combustibles, así como sustancias químicas para los laboratorios” [4].

En adición, debido a la alta población estudiantil que se encuentra concentrada en un espacio limitado, se genera un impacto sobre el ambiente mediante descargas de desechos sólidos, líquidos y gaseosos [4].

Con el fin de gestionar el impacto que produce la universidad sobre el ambiente, desde el año 1993 hasta el 2014 se definieron algunas comisiones que atendieran los asuntos ambientales de más urgencia (Foresta Universitaria, Ahorro y Sustitución de Energía, Institucional de Manejo de Desechos Sólidos y Materiales Peligrosos, Compras Verdes, Transportes, Aguas Residuales, Seguridad Alimentaria y Nutricional, y Carbono Neutro). Posteriormente, en el 2014 se crea la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) con el fin de “articular los esfuerzos internos en materia ambiental y diseñar los mecanismos para integrarlos sistemáticamente, desde la gestión administrativa” [4].

Específicamente en el tema de generación de residuos sólidos ordinarios, la universidad reporta que sus principales fuentes de generación son “oficinas, aulas, laboratorios, bibliotecas, espacios comunes de intercambio (plazoletas, pasillos, centros de alimentación)”, donde se recogen altos volúmenes debido a la presencia de la amplia población de estudiantes, docentes, funcionarios y visitantes [4].

El manejo de los residuos sólidos de la institución se da por medio de la separación de estos en la fuente, siguiendo la Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización (ENSRVR) del Ministerio de Salud en el 2016. Según el Programa de Gestión Ambiental Institucional (PGAI) universitario, las categorías de separación que se trabajan son las siguientes [4].

- Envases: de plásticos, polilaminado (tetra pak®), envases metálicos y de vidrio.
- Papel y cartón: residuos limpios y secos, producto de las actividades cotidianas del quehacer institucional.
- Ordinarios: los que no sean peligrosos y que no tienen posibilidad de valorización o alternativas viables de recuperación.

La categorización descrita se puede observar aplicada de manera práctica en la Figura 1.



Figura 2.1 Categorización de residuos en Ciudad Universitaria Rodrigo Facio según la ENSRVR. [25]

Además de la separación en la fuente, la UGA debe impartir talleres sobre la gestión integral de residuos sólidos a los funcionarios de las unidades institucionales [4]. Cabe resaltar que esta responsabilidad aplica exclusivamente a la capacitación de funcionarios, es decir, no incluye alumnos.

La recolección de residuos en la universidad se lleva por medio de dos camiones recolectores, uno de ellos es el compactador para los de tipo ordinario y el otro de cajón, para los valorizables.

Según datos históricos del 2017 al 2022 se llevó un promedio de 1 213 y 55 toneladas anuales de residuos a relleno sanitario EBI el Huazo PTA Aczarri y al centro de recuperación de residuos valorizables Capri, respectivamente [26].

2.3.2 Análisis del entorno

Actores clave

Estudiantes y funcionarios

La Ciudad Universitaria Rodrigo Facio contó para el año 2023 con 32.428 estudiantes [20]. Con respecto a los funcionarios, según el Recorrido Informativo con Datos “En la Universidad de Costa Rica trabajan 5 933 personas docentes e investigadoras, 4 244 personas

administrativas y 138 personas en puestos de administración superior” para un total de 10 315 funcionarios [27].

De acuerdo con lo anterior, la población de la sede central asciende a un total cercano a las 45 000 personas, quienes serán los principales responsables de la generación y separación de los residuos sólidos ordinarios.

Oficina de Servicios Generales (OSG)

La OSG está conformada por una dirección, cuatro unidades y siete secciones cuya jerarquización se muestra en el organigrama de la Figura 2.2



Figura 2.2 Organización de la OSG de la UCR. [28]

Con el apoyo de los colaboradores de las siete secciones, la dirección de la OSG posee la labor de gestionar sus recursos para alcanzar de manera eficaz y eficiente las metas que hayan sido fijadas [29]

Por su parte, cada sección se organiza de manera propia, con el fin, de “coadyuvar y garantizar la satisfacción de los servicios demandados por el personal administrativo, docente y estudiantil de la Comunidad Universitaria” [30].

Unidad de Gestión Ambiental (UGA)

La Oficina de Gestión Ambiental se encarga de “planificar, ejecutar y controlar el desarrollo de los servicios de mantenimiento y conservación de las áreas verdes, promoviendo la participación organizada de la comunidad universitaria, a fin de comprometerlos en los aspectos de protección y preservación del medio ambiente” [31]. Entre sus responsabilidades se encuentra la recolección de residuos ordinarios y valorizables, servicio que es ofrecido dentro de la sede universitaria central.

La UGA, como su nombre lo explica se encarga de velar por la gestión ambiental en la universidad, es decir, define la estrategia a seguir en la institución para prevenir o mitigar los impactos de las actividades humanas. Más allá de las acciones de manejo, también dicta directrices, lineamientos y políticas que mediarán la implementación. Algunos objetivos específicos asignados a la UGA son los siguientes [31]:

- Procurar que los servicios que brindan las secciones de la OSG se ejecuten garantizando el cumplimiento de la legislación ambiental, las políticas institucionales y la transversalización de la gestión ambiental.
- Guiar a las secciones de la OSG para que la implementación de sus servicios promueva que se eviten o mitiguen posibles impactos ambientales.
- Contribuir en proyectos que mejoren las condiciones ambientales de la OSG.
- Definir y actualizar indicadores para el control de los residuos sólidos y gases de efecto invernadero.

En síntesis, la unidad vela por la mejora de los aspectos ambiental en la institución mediante la promulgación de la transversalidad entre las acciones de las diferentes secciones de la OSG y la gestión ambiental.

Factores sociales

Específicamente para el caso de la UCR cada año ingresan a la universidad cerca de 10 000 estudiantes nuevos de diferentes partes del país, los cuales proceden de colegios públicos,

privados, subvencionados, de educación abierta y del exterior [24]. Considerando lo anterior, se puede entender que la educación en materia ambiental, previo al ingreso a la universidad, varía para cada nuevo ingreso, dependiendo de sus realidades.

En la actualidad no se cuenta con una estrategia de concientización globalizada para todos los estudiantes de la universidad, si no que se espera que cada uno de estos siga las instrucciones que se han dispuesto para ellos. Por ejemplo, con el caso de los recipientes de separación se realiza una breve descripción de qué se debe depositar en cada uno de ellos [32].

Para los funcionarios sucede algo similar, ya que todos al ingresar a la institución cuentan con diversos conocimientos. Sin embargo, el Programa de Gestión Ambiental Institucional de la UCR si establece la capacitación de estos en el tema de residuos [4].

Factores legales

La UCR debe cumplir con fomentar el manejo integral de residuos, según lo estipula la Ley para la Gestión Integral de Residuos en el artículo 19, donde se menciona que todos los centros educativos del país “deberán establecer e implementar planes de manejo integral de residuos que se generen en sus instalaciones, como una forma de enseñar a los educandos en forma práctica sobre la gestión integral de residuos” [5]. Este plan de manejo integral de residuos debe cumplir con lo establecido en el Reglamento para la Elaboración de Programas de Gestión Ambiental Institucional en el Sector Público de Costa Rica, Decreto Ejecutivo 36499.

Factores económicos y tecnológicos

Si bien es cierto que la OSG cuenta con un presupuesto que se les asigna por parte de rectoría [30], el mismo es limitado. De esta manera, al proponer mejoras en las etapas del manejo de residuos de la institución, es importante considerar que estas se adapten a la realidad tecnológica y económica con la que se cuenta.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología empleada se basa en un enfoque mixto. La parte cualitativa (secciones 3.1 y 3.2.1 a 3.2.3) se relaciona al análisis de datos de diversas fuentes, y la cuantitativa (3.2.4) con el manejo los datos de un estudio de composición de residuos y los análisis derivados de este. En ambos casos, los resultados son evaluados de forma no probabilística debido a limitaciones en la logística del proyecto.

3.1 LUGAR DE ESTUDIO

El alcance del estudio engloba la Sede Rodrigo Facio de la UCR, la cual se encuentra localizada en el cantón de Montes de Oca de la provincia de San José. Se incluyen las 3 fincas que contiene esta sede, de acuerdo con la Figura 3.1. Se contempla una población estudiantil de 42 605 personas, incluyendo estudiantes y funcionarios.

Distribución geográfica de las fincas de la sede Rodrigo Facio de la UCR en el cantón de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

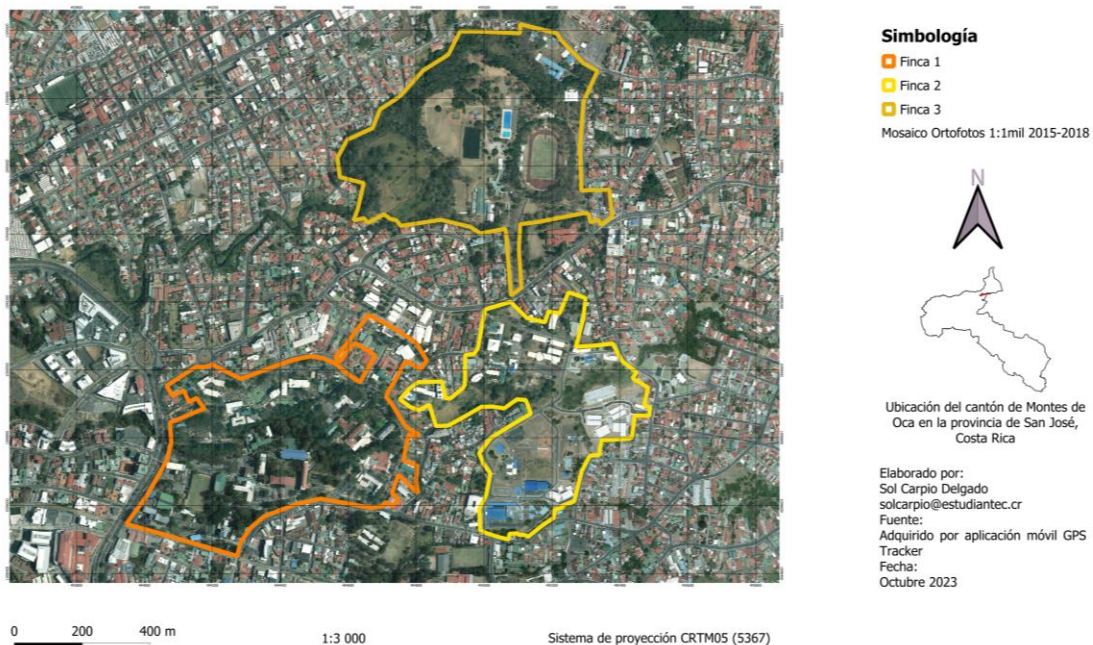


Figura 3.1 Ubicación geográfica de las 3 fincas de la sede Ciudad Universitaria Rodrigo Facio de la UCR.

3.2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA SEPARACIÓN Y RECOLECCIÓN DE RESIDUOS

3.2.1 Recopilación y análisis de datos históricos

Para comprender la situación actual del campus central de la UCR con respecto a la separación y recolección de residuos, es necesario iniciar con un análisis de los datos existentes.

Con este fin, la OSG de la universidad suministró registros históricos de documentos sobre el manejo de residuos en el campus. Por ejemplo, se compartieron comunicados de años anteriores con instrucciones base del manejo de los residuos, así como mapas que contienen propuestas de rutas de recolección antiguas o las distribuciones de los Centros de Transferencia (CT) en las diferentes fincas.

Posteriormente se procedió a complementar la información suministrada por la OSG con otros documentos de dominio público encontrados en el portal oficial de la universidad. Se priorizaron los documentos más recientes, con el fin de que los datos a extraer de estos aun fuesen representativos de la situación actual.

De acuerdo con lo anterior, se analizó y recopiló información del Plan Anual Operativo 2022, el Programa de Gestión Ambiental Institucional 2020-2025, el Plan Estratégico Institucional 2021-2025, el Diagnóstico Sobre Uso Del Espacio, Movilidad, Paisaje y Ambiente para la Formulación del Plan de Ordenamiento Territorial Campus Universitario Rodrigo Facio Brenes 2020-2035 y otros.

3.2.2 Visitas a la sede

Después de analizar la información histórica encontrada sobre la gestión de residuos en la sede, fue necesario realizar visitas al sitio de estudio para observar patrones de comportamiento de la población universitaria y determinar los principales obstáculos de la separación y recolección de residuos. Los periodos de tiempo y la cantidad de visitas realizadas se detallan en las secciones posteriores de esta metodología.

Se realizaron diferentes tipos de visitas de acuerdo con el objetivo que se deseó alcanzar en cada caso, los principales se explican a continuación:

- Levantamiento de datos geográficos: en estas visitas se recorre la ruta principal de recolección de las instalaciones de la sede universitaria en el camión recolector de

residuos o caminando (dependiendo de las distancias a transitar) y se realizan paradas en los diferentes CT o cualquier otro punto estratégico. Mediante el uso de la aplicación móvil GPS Tracker se realiza el levantamiento del recorrido y de los puntos para posteriormente procesar los datos recopilados con el software Quantum GIS.

- **Percepción:** se recorre la ruta principal de recolección en las instalaciones de la sede durante la jornada laboral con el principal objetivo de visualizar, desde la perspectiva de un tercero, a los trabajadores de la separación y recolección de residuos. Adicionalmente se plantean preguntas de manera informal en formato de entrevista con preguntas abiertas sobre las principales preocupaciones u obstáculos que se les presentan y se deja el espacio para cualquier otro comentario que deseen realizar. La información que se recopila se anota para posteriormente complementar la investigación.
- **Reuniones de logística:** constan de visitas con reuniones previamente programadas con personal de la OSG para discutir temas de información faltante en la investigación, así como avances en el estudio. Se planteó un mínimo de 5 visitas, el cual se extendió por requerimientos de información y situaciones aleatorias que ocasionaban atrasos.

3.2.3 Encuesta “Sondeo de conocimiento en separación de residuos sólidos”

Objetivo

Se planteó una encuesta (Apéndice 1) con el objetivo de sondear el conocimiento de la población universitaria (estudiantes y funcionarios) en el tema de separación de residuos sólidos valorizables. Así mismo, se pretendía que la universidad abriera una oportunidad para que la comunidad reflexionase sobre la gestión de residuos y estuviese más anuente a participar de una futura estrategia que se desarrolle en el campus.

Contenido

La encuesta estuvo conformada por trece preguntas de selección única, una de selección múltiple y una de respuesta corta. El inicio de la encuesta se trata de conocer el área académica a la que cada entrevistado pertenece, así como la carrera que estudia (en caso de

ser estudiante) o el edificio para el que labora (en caso de ser funcionario). Después se procede con preguntas para conocer si la persona ha recibido algún tipo de capacitación en el tema de gestión de residuos sólidos en un momento de su vida, y finalmente se consulta sobre la percepción de los sistemas actuales para la separación y recolección de residuos en el campus.

Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra necesaria para aplicar la encuesta se determinó a partir de los datos de estudiantes y funcionarios en la sede Rodrigo Facio para el año 2023. Se aplicó la siguiente fórmula estadística para el cálculo:

$$n = \frac{Z^2 * \sigma^2 * N}{(N-1) * e^2 + Z^2 * \sigma^2} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población

σ = Desviación estándar de la población (0,5)

Z = Valor obtenido para un determinado nivel de confianza

e = Margen de error del 5 %

El dato del tamaño de la población se extrajo del “Recorrido informativo con datos” publicado por la UCR en el año 2023 y está compuesto por la suma de la cantidad de estudiantes y funcionarios pertenecientes a la sede Rodrigo Facio Brenes para el año en cuestión.

Adicional a lo anterior, debido a que los cálculos del intervalo de confianza suponen que la muestra a trabajar es aleatoria, se debe garantizar esta condición para evitar incurrir en un error. Los pasos seguidos para asegurar una muestra aleatoria en este estudio se describen a continuación.

1. Se calculó el tamaño necesario de la muestra mediante la ecuación 3.
2. Se determinó, a partir del dato de población universitaria total, el porcentaje correspondiente a estudiantes y a funcionarios, respectivamente.

3. Se multiplicaron los porcentajes del paso anterior por el resultado de la muestra total calculada en el punto 1. Con esto se obtuvo la cantidad necesaria de estudiantes y funcionarios a ser encuestados, respectivamente.
4. Considerando que en la sede Rodrigo Facio se imparten 86 opciones de carreras con formaciones en diversos ámbitos, se determinó la cantidad de estudiantes a ser entrevistados por cada unidad académica. Para esto se tomó como criterio la cantidad de carreras impartidas para cada área académica en el recinto y se calcularon porcentajes de representatividad para determinar el número exacto de encuestados necesarios por unidad.

Aplicación

La encuesta se formula en la herramienta de Formularios de Google en línea. Se crean dos enlaces para separar la información de estudiantes y la de funcionarios. Lo anterior se realiza para que las preguntas estén adaptadas al usuario que vaya a contestarlas y que de esta manera no se generen confusiones. Por ejemplo, es incongruente preguntar a un profesor cual carrera estudia, o a un estudiante en que edificio trabaja.

Inicialmente se plantea difundir los enlaces de forma virtual por medio de un comunicado desde la página oficial de la OSG y esperar a que las primeras personas que contesten procedan a reenviar los formularios a otras y así se logre una rápida divulgación. Sin embargo, quince días después de publicada la encuesta apenas se logra recopilar 33 respuestas, lejos del objetivo inicial planteado.

En respuesta a lo anterior, se decide organizar el espacio de las siguientes semanas para asistir de manera presencial a la sede universitaria y solicitar directamente a estudiantes y funcionarios llenar la encuesta. Se acude de forma presencial a las instalaciones de las 3 fincas de la sede durante un periodo de 4 semanas durante los meses de setiembre y octubre para aplicar las encuestas de manera directa.

De acuerdo con lo anterior, se crea un código QR que dirige a los encuestados al enlace web del formulario de Google correspondiente y de esta manera cada uno puede completar las preguntas desde su propio dispositivo móvil. Adicionalmente, si alguien no cuenta con un lector de este tipo de códigos, se otorga la opción de recibir la encuesta por medio de correo electrónico.

Después de las 4 semanas de aplicación de la encuesta, la cantidad de funcionarios que la había contestado aún era menor de la necesaria para garantizar representatividad. Entonces, se solicita ayuda a la OSG y se decide llamar a las diferentes jefaturas administrativas por teléfono y comunicarles que se les enviará al correo electrónico la encuesta para que la llenen. Mediante esta nueva adaptación metodológica se logran recibir las respuestas faltantes. Una vez recopilada la información por parte de la muestra requerida se procede a sistematizar los datos mediante el programa de Microsoft Excel, uniendo las respuestas de estudiantes y profesores. Con este fin se crea una herramienta (Apéndice 3) que permite añadir nuevas entradas cada vez que se ingresen nuevos datos al formulario y que los gráficos que resumen los resultados se actualicen de manera automática. El fin de esto es que posterior al presente trabajo, la OSG pueda aprovechar esta hoja de cálculo para cualquier otro análisis que surja en el futuro.

3.2.4 Estudio de generación y composición de residuos sólidos

Se llevó a cabo un estudio de generación y composición de residuos, con el fin de determinar la existencia y magnitud de una proporción de materiales valorizables que se esté yendo en el flujo de ordinarios sin ser separada en la fuente.

Para la logística de este estudio se referenció la “Metodología para Estudios de Generación y Composición de Residuos Sólidos Ordinarios”, sin embargo, debido a que este documento está dirigido principalmente a municipio del país, se omitieron ciertos puntos y se adaptaron otros a la realidad con la que se contaba, entendiéndose tiempo, capital humano y materiales.

Equipo de trabajo

De acuerdo con lo anterior, con respecto al equipo de trabajo se solicita la colaboración de la OSG para facilitar el personal y materiales necesarios para llevar a cabo el estudio, los mismos se describen a continuación:

- 6 colaboradores entre los cuales se incluye el conductor del camión recolector, el conductor de un vehículo de servicios universitarios y operarios para colaborar en la toma de muestras, pesajes, cuarteos y separación. Estos colaborarán según la disposición de tiempo considerando sus responsabilidades cotidianas en la universidad.

- Un espacio físico para realizar los cuarteos de las bolsas y la posterior separación de residuos, el cual se determina que será en el parqueo de la Facultad de Ciencias Sociales, ubicado en finca 2 - Ciudad de la Investigación de la universidad.
- Un vehículo de servicios para transportar las muestras separadas en finca 1 al espacio asignado para cuarteos y separación en finca 2.
- Bolsas plásticas, tijeras, cinta adhesiva, papel para rotular las muestras, entre otros.
- Balanza (préstamo por parte de la OSG) para el pesaje de las muestras.
- Meriendas y otros viáticos, para los voluntarios de la caracterización de residuos.

Fecha del muestreo

Se determinó que el estudio se llevará a cabo durante el segundo semestre del año lectivo 2023, específicamente en el mes de setiembre, por un periodo de cinco días consecutivos y que además se repetirá por el mismo lapso una segunda semana del mes posterior (octubre). Lo anterior se define en concordancia con la “Metodología para Estudios de Generación y Composición de Residuos Sólidos Ordinarios” para eliminar posibles efectos de lo que sucede durante los diferentes días de una semana. Además, se realiza en dos meses distintos, considerando reducir la posibilidad de que durante una de las dos semanas ocurra alguna actividad fuera de lo normal que pueda afectar los resultados obtenidos.

De manera específica se establece la primera semana del mes de setiembre (del 4 al 9) y la tercera semana del mes de octubre (del 16 al 20) debido a la disponibilidad de funcionarios y la ausencia de días festivos en estas.

Área de muestreo

Debido a limitaciones de tiempo y recurso humano se plantea llevar a cabo la recolección de muestras exclusivamente en el área delimitada por finca 1 del campus universitario, pues esta constituye la principal de la sede y es donde se reúne el mayor flujo de estudiantes y funcionarios durante el día. Se decide recolectar muestras de los 15 CT que se ubican distribuidos dentro de este espacio, para contar con una representatividad de las diversas realidades de generación por parte de las diferentes carreras y actividades que se desarrollan allí (Figura 3.2).

UBICACIÓN DE LOS CENTROS DE TRANSFERENCIA DE FINCA 1, SEDE RODRIG FACIO BRENES, UCR

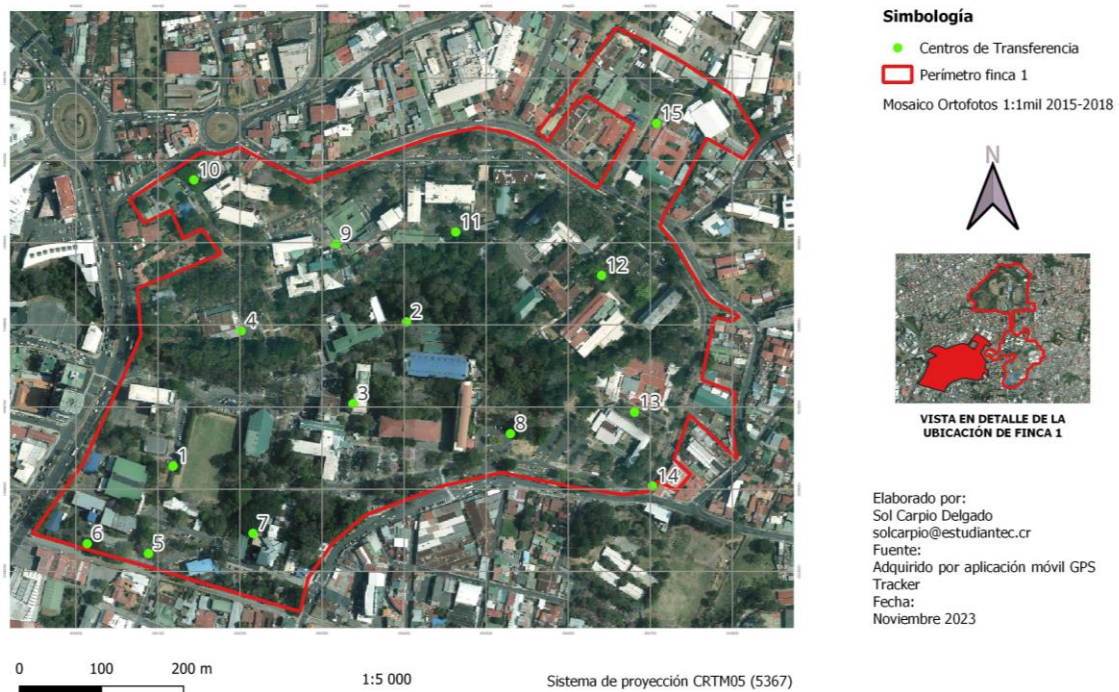


Figura 3.2 Ubicación de los 15 CT de Finca 1 de la UCR.

Logística para el muestreo

En coordinación con la OSG se determina la logística para el muestreo del estudio. Se define aprovechar la ruta de recolección diaria para llevar a cabo simultáneamente la separación de las muestras en cada CT. De acuerdo con esto, se inicia todos los días de la semana a las 6:00 am y se recorre la totalidad de finca 1, separando 2 bolsas de residuos aleatorias en cada CT. Estas bolsas se separan a un lado de cada CT, se marcan con el número del CT correspondiente y se coloca también un mensaje preventivo para que nadie las mueva de su lugar antes de que sean recogidas (Apéndice 3).

Una vez finalizado el recorrido en finca 1 se procede a cambiar de vehículo por uno de servicios del tipo pick up que vuelve a recorrer la misma ruta recolectando las muestras previamente separadas. Es importante asegurar que sea un vehículo con amplio espacio para facilitar el almacenaje de todas las muestras. Posteriormente estas se trasladan al espacio dispuesto en finca 2 para su pesaje, cuarteos y separación (Apéndice 3, Figura apéndice 2).

Documentos para recolección de información

Antes de iniciar con la manipulación de las muestras, se preparó una herramienta en Excel (Apéndice 4) para anotar la información recopilada para cada CT: número de identificación de la muestra, número de bolsas diarias recolectadas, peso de la muestra, otras especificaciones (por ejemplo, si el contenedor se encontraba lleno o vacío). Se anota esta información cada día durante las semanas de muestreo para su posterior análisis.

Cuardeos y determinación de la composición física de las muestras

Posterior a la separación y transporte diario de las muestras se procedió a realizar cuarteos de estas. Este paso fue necesario debido a que se contaba con un espacio y equipo de trabajo reducido, por lo cual únicamente fue posible conservar una parte de la muestra para la posterior determinación de su composición.

Para los cuarteos, se acondiciona el área de trabajo con un plástico que no permita un contacto directo entre los residuos y el suelo. Dentro de este cuadrante, se abre cada una de las bolsas recolectadas (a), una a la vez, se mezcla su contenido y se separa en cuatro partes iguales (b). Por último, se conservan dos de las cuartas partes hasta el final de la semana para luego estudiar su composición (c), se puede repetir el procedimiento (a-c) en caso de querer reducir aún más el tamaño de la muestra (Figura 3.3).



Figura 3.3 Metodología seguida para el cuarteo de las bolsas muestreadas.

La determinación de la composición de las muestras se llevó a cabo el sábado para el estudio del mes de setiembre, y el viernes para el mes de octubre.

En la primera ocasión se contó con la colaboración de un equipo de 10 personas voluntarias entre las cuales se encontraban estudiantes de la carrera de ingeniería ambiental, ingeniería de materiales y otros voluntarios particulares. En este caso, para facilitar la explicación del trabajo que se debía realizar se elaboró un instructivo que se compartió días previos al día de

separación (Apéndice 5). Adicionalmente se preparó una merienda para compartir al final del trabajo.

Mientras tanto, en la segunda fecha el estudio de caracterización se realizó el viernes con el fin de contar con la colaboración de dos funcionarios operarios de la UCR de acuerdo con las horas disponibles de ellos.

Los materiales se clasificaron en las categorías de plásticos, aluminio o latón, papel o cartón, tetrabrik, orgánico, coprocesable, especiales, otros. Cabe mencionar que en la categoría de “otros” se incluyeron todos los residuos ordinarios no valorizables.

Con los resultados obtenidos del estudio de generación y composición de residuos, se estimaron, con apoyo de la Herramienta de Estimación de Emisiones de Residuos Sólidos (SWEET, por sus siglas en inglés), algunas aproximaciones de reducciones de emisiones producto de un escenario hipotético donde todos los residuos no terminen en un relleno sanitario.

3.3 LINEAMIENTOS PARA LA SEPARACIÓN DE RESIDUOS EN LA FUENTE Y PARA LAS CONDICIONES DE LOS CENTROS DE TRANSFERENCIA

3.3.1 Separación de residuos en la fuente

La propuesta de lineamientos para la separación de residuos en la fuente se basa principalmente en los resultados que se obtienen mediante la aplicación de la encuesta “Sondeo de conocimiento en separación de residuos sólidos” y del estudio de generación y composición de residuos.

Adicionalmente se realiza una reunión con la coordinación de la Unidad Institucional de Gestión Ambiental y Seguridad Laboral (GASEL) del TEC, con el fin de obtener más información sobre aciertos y desaciertos en la gestión de los residuos de otro de los principales centros de educación superior del país.

De lo anterior, se plantean lineamientos en las siguientes áreas:

- Educación/Capacitación ambiental
- Estandarización de los recipientes de recolección de residuos
- Opciones alternas de valorización de residuos

3.3.2 Condiciones de los centros de transferencia

A partir las visitas que se realizan, de la entrevista con la coordinación de GASEL y de los resultados de la encuesta “Sondeo de conocimiento en separación de residuos sólidos” se proponen lineamientos para las condiciones de los CT en el campus, relacionados a características como:

- Localización
- Estructura física

También, se plantea otra encuesta (Apéndice 6) con el objetivo de generar una base de datos donde cada edificio de la sede Rodrigo Facio especifique el CT al que lleva sus residuos. Se pretende que esta encuesta logre determinar los CT más utilizados y con esta información revisar posibles ampliaciones, movimientos o eliminaciones de los CT en el campus.

3.4 SISTEMA OPTIMIZADO DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS

Para la optimización del sistema de recolección de residuos institucional se planteó una propuesta de rutas, horarios y frecuencia de recolección. Fue necesario contar una serie de criterios, entre los que se pueden mencionar:

- Consideraciones teóricas.
- Consideraciones prácticas.
- Experiencia de expertos.
- Uso de tecnologías.

De manera práctica se inicia recorriendo las diferentes posibles rutas que se realizan para la limpieza del campus. Para esto se utiliza un camión recolector compactador marca Usimeca con un volumen de caja y tolva de 19,2 m³ y 2,3 m³, respectivamente. La cuadrilla asignada para esta recolección consta de un conductor y dos operarios.

Cabe resaltar que no se cuenta con un planteamiento de rutas definido, por lo cual durante estas visitas se recorre la sede de diferentes maneras, de acuerdo con los acontecimientos de cada día y un criterio de intuición de la cuadrilla de la ruta.

Se realiza un levantamiento de los puntos geográficos de los CT, así como también se recopilan distintos trayectos recorridos.

Para la propuesta de las nuevas rutas se toma en consideración los siguientes factores:

- Recorrido simplificado: Contempla la distancia total de caminos que recorre cada ruta, pero considerando que solo se recorre una vez cada calle por donde se realiza la recolección
- Recorrido real: Se refiere a la distancia total que transita el camión en la ruta, incluyendo tramos que se repitan, giros, avance en reversa, entre otros movimientos.
- Recorrido en reversa: Es la distancia que el camión se mueve en retroceso.
- Recorrido repetido: Se define como los trayectos de ruta por los cuales el camión debe transitar más de una vez.
- Recorrido fuera del sector: En algunos casos el camión debe salir del área establecida para las fincas de la universidad con el fin de agilizar el trayecto, este concepto contempla todo el recorrido efectuado fuera del área que se establece en la Figura 3.1.
- Recorrido a pie: Distancia donde los operarios se encargan de trasladar los residuos hasta el camión recolector sin que este pueda acercarse.

Se realizó el análisis de las rutas con el software de Quantum GIS y se graficaron los diferentes tipos de recorridos que recién fueron descritos.

Una vez planteadas las nuevas rutas de recolección, se realizó un análisis de los ahorros en distancias, combustible y emisiones con respecto a las prácticas actuales. Para este análisis se aprovechó el hecho que el camión de residuos actualmente recorre rutas distintas todos los días y que durante las visitas realizadas muchos de estos trayectos se recuperaron mediante el uso de la aplicación móvil GPS Tracker. Los datos recopilados fueron procesados mediante el software Quantum GIS y a partir de las distancias de los diferentes trayectos se estimó un promedio para cada ruta.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente apartado muestra los resultados derivados al aplicar la metodología descrita en el capítulo anterior. La secuencia en la que se presentan es concordante con los objetivos establecidos para el trabajo.

4.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA SEPARACIÓN Y RECOLECCIÓN DE RESIDUOS

4.1.1 Hallazgos de los datos históricos y visitas a la sede

Cómo se menciona en la metodología, se utilizan los documentos suministrados y fuentes complementarias, para generar un marco de la situación actual como se observa en el Cuadro 4.1 con los principales aportes de cada documento a la investigación.

Cuadro 4.1 Principales fuentes de datos analizadas y hallazgos derivados de estas.

Fuente de datos	Principales hallazgos
Comunicado “Manejo de Residuos Sólidos en la Sede Rodrigo Facio”	<ul style="list-style-type: none">• Existen esfuerzos anteriores al 2023 (no se detalla el año específico) por establecer rutas y horarios para la recolección de residuos, sin embargo, este documento no permite comprobar cuales criterios fueron utilizados para su establecimiento ni algún tipo de validación.• Falta la delimitación de una ruta y horarios para el territorio de finca 3.
Diagnóstico sobre uso del Espacio, Movilidad, Paisaje y Ambiente para la Formulación del Plan de Ordenamiento Territorial Campus Universitario Rodrigo Facio Brenes 2020-2035	<ul style="list-style-type: none">• Se detallan de los cuatro sectores en los que se divide la sede Rodrigo Facio, así como de las edificaciones y actividades que se agrupan en cada una.• Se establece la necesidad de trabajar en temas de: jerarquización en la gestión de residuos, el manejo de los CT, estudios de composición de residuos, actualización de base de datos con indicadores que permitan tomar decisiones, diseño de rutas y revisión del reglamento para la elaboración del PGAI.• Para el año 2016 y 2017 los residuos valorizables eran en su mayoría (cerca del 90%) papel y cartón, seguido de plásticos (cerca del 10%) y un pequeño porcentaje de vidrio y aluminio. Estos datos se calcularon con base en los pesajes realizados por el gestor autorizado que los recibió, es decir, no se considera la fracción de valorizables no separados en la fuente.
Programa de Gestión Ambiental Institucional (PGAI) 2020-2025	<ul style="list-style-type: none">• En el manejo de residuos, la separación de los ordinarios valorizables se trabaja en concordancia con la “Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos (ENSRVR)” del Ministerio de Salud del año 2016.

Fuente de datos		Principales hallazgos
		<ul style="list-style-type: none"> • Para la separación en el campus, se plantean tres categorías: envases, papel y cartón y ordinarios. • Se atribuye la responsabilidad a la OSG de la colocación de los recipientes categorizados para la separación de estos residuos en la fuente, y a la UGA de brindar capacitación a funcionarios en el campus para la correcta gestión de los residuos. • Los residuos generados en la fuente se trasladan a los CT dentro de la sede, son recogidos por el camión recolector y transportados hasta el centro de acopio “La Capri” o a el relleno sanitario “El Huaso” en su defecto.
Plan Institucional	Estratégico 2021-2025	<ul style="list-style-type: none"> • Para desarrollar los lineamientos estratégicos la UCR también considera la suscripción del <i>Pacto Nacional por el avance de los ODS en el marco de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en Costa Rica</i>. • Se establece un plan de acción con seis ejes de trabajo. Específicamente en el eje de Excelencia de la Gestión se define una estrategia y metas con el fin de construir una cultura ambiental en función del quehacer académico.

Para complementar y verificar los hallazgos de la revisión de documentos se procedió a realizar visitas a la sede. El objetivo de unir estas dos actividades fue obtener una corroboración de la información teórica con respecto a la situación real. Como resultado se encontraron algunas disconformidades, de las cuales surgen oportunidades de mejora en la implementación del PGAI y otras metas ambientales.

Según lo descrito en el Cuadro 4.1, la separación de residuos institucional se basa en lo que estipula la ENSRVR del Ministerio de Salud. Esta estrategia define que los residuos deben separarse en 5 categorías base, con recipientes que procuren tener la misma denominación, orden y colores, según se presenta en la Figura 4.1 [33].

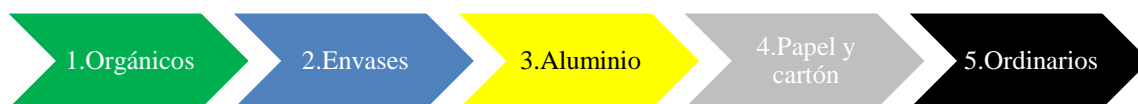


Figura 4.1. Categorías, orden y colores para los recipientes de separación de residuos según la ENSRV.

Sin embargo, al realizar un recorrido por las instalaciones de la sede universitaria, se encuentra con una serie de contenedores que no cumplen estos requisitos, si no que se observa una falta de armonización en la forma de categorizar los residuos. Las inconsistencias más frecuentes encontradas se detallan en el Cuadro 4.2.

Cuadro 4.2 Evidencias de incumplimiento de la ENSRVR en el campus universitario.

Situación	Evidencia	Descripción
Categorías insuficientes		En los dos ejemplos se evidencia la falta de contenedores para residuos orgánicos y de aluminio, respectivamente.
Contenedores para residuos sin distintivos de categoría		Se encuentran contenedores sin distintivos por categorías de residuos. Adicionalmente estos recipientes tienen formas, tamaños y colores muy variados.
Deficiente distribución de espacios para colocar contenedores		Es posible encontrar grandes cantidades de contenedores con distancias muy cortas entre sí, así como también es posible encontrar espacios muy concurridos por la población universitaria sin un solo contenedor.

4.1.2 Resultados de la encuesta “Sondeo de conocimiento en separación de residuos sólidos”

Resultados previos al análisis de respuestas de la encuesta

Mediante la ecuación 1 que se describe en la Sección 3.2.3 del capítulo de materiales y métodos se determinó que se requería aplicar la encuesta a una muestra mínima de 381 estudiantes y funcionarios de la UCR, para garantizar que los datos fueran representativos

con un 95% de confianza. Para este caso, los valores específicos asignados a las variables de la ecuación se describen en el Cuadro 4.3.

Cuadro 4.3. Datos requeridos para el cálculo de la muestra requerida.

Variable	Valor
Desviación estándar (σ)	0,5
Tamaño de población (N)	42 598
Valor de distribución normal para un 95% (Z)	1,96
Límite del error muestral (e)	0,05

Considerando que la cantidad de estudiantes representa un 76% de la población universitaria total y los funcionarios completan el 24% restante, se determinó que de los 381 encuestados, 290 debían ser educandos y 91 trabajadores de la universidad.

Así mismo, la muestra de 290 estudiantes se subdividió mediante la aplicación del procedimiento explicado en la Sección 3.2.3 para obtener el número de estudiantes a ser encuestados por unidad académica. Los resultados de esta estimación se detallan en el Cuadro 4.4.

Cuadro 4.4. Determinación de la muestra requerida de estudiantes a encuestar, por unidad académica.

Unidad académica	Carreras (unidad)	Representatividad (%)	Muestra requerida (personas)
Artes	14	16	47
Ciencias Agroalimentarias	4	5	13
Ciencias Básicas	7	8	24
Ciencias de la Salud	12	14	40
Ciencias Económicas	6	7	20
Ciencias Sociales	14	16	47
Educación	15	17	51
Ingeniería y Arquitectura	9	10	30
Letras	5	6	17
TOTAL	86	100	290

Después del periodo establecido, la encuesta fue contestada por un total de 413 estudiantes y 91 funcionarios. Considerando que se obtuvieron 123 respuestas adicionales a la muestra establecida para estudiantes, y también que los excedentes no se encontraban distribuidos de acuerdo con los porcentajes de representatividad del Cuadro 4.4, fue necesario realizar una corrección de los resultados antes de proceder con su análisis.

Se eliminaron de manera aleatoria los excesos de respuestas de cada área académica y posteriormente esta nueva muestra corregida se analizó con la herramienta de Microsoft Excel. Las únicas categorías en las cuales no se descartó ninguna de las respuestas obtenidas fue para Artes y Letras, pues en estas se alcanzó la cantidad mínima requerida.

Resultados derivados del análisis de las respuestas a la encuesta

A continuación, se presentan aquellos resultados de la encuesta que aportan de manera directa a los objetivos establecidos en el presente trabajo, las respuestas de las preguntas restantes se utilizaron como un análisis complementario y se pueden encontrar en el Apéndice 7 de este documento.

La encuesta aplicada fue de gran relevancia porque permitió dar a conocer una línea base sobre el conocimiento de la población estudiantil en el tema de separación de residuos, pero a su vez abrió la oportunidad para que los estudiantes y funcionarios reflexionaran sobre el tema y las oportunidades de mejora que existen y que estén más abiertos a participar de una estrategia para la mejora continua. De manera similar sucedió con estudio de las universidades de Milan-Biocca y la de Lisboa, donde se llevó a cabo la implementación de una encuesta llamada “hábitos sostenibles en un ambiente laboral” y se comprobó que esta además de permitir conocer y caracterizar el comportamiento de la población, también permitió abrir un canal de comunicación para levantar conciencia sobre aspectos de sostenibilidad ambiental y maximizar la implementación de una estrategia [1].

Pregunta 4. ¿ha recibido en algún momento de su vida una capacitación en el tema de manejo de residuos sólidos?

El PGAI de la UCR establece que la UGA brinda capacitación a los funcionarios de la sede institucional en el tema de separación de residuos [4]. El resumen de las respuestas referentes a la cuarta pregunta de la encuesta se presenta en la Figura 4.2. Solo un 32,4% de la comunidad universitaria en el campus Rodrigo Facio indicó haber recibido capacitación en el tema de manejo de residuos sólidos en algún momento de su vida. Este resultado demuestra que existe un amplio porcentaje de población que no conoce, por lo menos de manera teórica, como separar los residuos que genera.

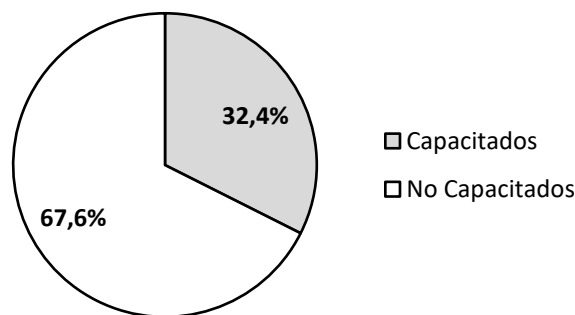


Figura 4.2 Porcentaje de estudiantes que han recibido capacitación o no en el tema de manejo de residuos sólidos.

Al desagregar los datos recopilados en la pregunta 4 a nivel de porcentaje de capacitación por unidad académica, se determina que la unidad de Ciencias de la Salud corresponde a la única donde la mayoría de las estudiantes (arriba del 50%) ha sido capacitada en el manejo de residuos, tal y como se aprecia en la Figura 4.3.

Lo anterior se atribuye a la naturaleza de las carreras que se imparten en esta unidad, las cuales se relacionan en su mayoría con manejo de residuos bioinfecciosos, para lo cual es indispensable recibir capacitación durante la formación profesional. Sin embargo, el presente estudio no engloba la categoría de residuos bioinfecciosos, por lo cual, aunque este sea el mayor porcentaje de población que tiene capacitación en el tema, esto no necesariamente indica que conozcan como separar otros tipos de residuos.

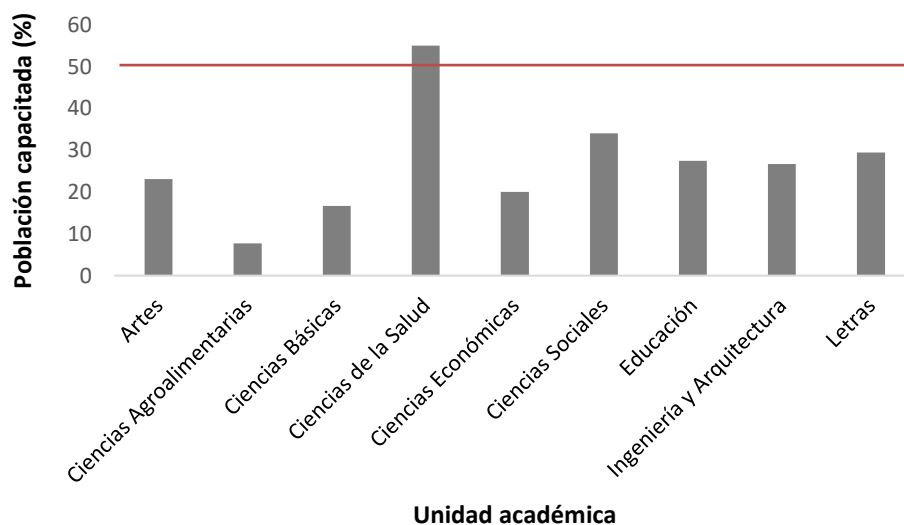


Figura 4.3 Porcentaje de población capacitada en manejo de residuos sólidos, según las diferentes unidades académicas de la universidad.

Pregunta 5. Si su respuesta a la pregunta 4 fue afirmativa ¿recibió esta capacitación en el tema de manejo de residuos sólidos por parte de la UCR?

Retomando el compromiso plasmado por parte de la UCR en su PGAI, se plantea la pregunta 5 con el fin de determinar el papel que ha logrado desempeñar la institución en capacitar a su comunidad. Del 32,4% de la población universitaria que ha recibido capacitación, la Figura 4.4 demuestra que únicamente un 11% obtuvo esta inducción por parte de la UCR. Considerando estos dos resultados, se establece que de manera neta solo un 3,6% de la totalidad de estudiantes y funcionarios de la universidad han sido capacitados por parte de esta.

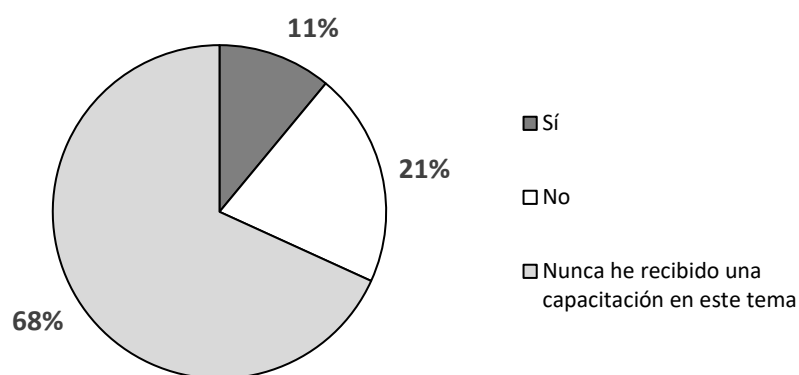


Figura 4.4 Porcentaje de población que ha sido capacitada en manejo de residuos, por parte de la UCR.

Pregunta 6. Si su respuesta a la pregunta 5 fue negativa ¿bajo qué contexto recibió esta capacitación en el tema de manejo de residuos sólidos?

La capacitación del 30% restante de personas con conocimiento en el manejo de residuos se atribuye a fuentes de educación como escuelas, colegios u otros centros universitarios. También a través de herramientas de auto aprendizaje con recursos en línea o talleres, o bien por inducciones en el trabajo o la comunidad. En caso de requerir mayor detalle sobre los porcentajes de fuentes de capacitación se puede consultar el Apéndice 7.

Pregunta 8. ¿separa usted sus residuos valorizables, o, en otras palabras, "recicla" usted en su hogar?

La pregunta 8 de la encuesta se plantea con el fin de conocer los hábitos separación de residuos de la población universitaria cuando se encuentra fuera de la institución y posteriormente comparar estos con lo que sucede a lo interno. Se obtiene como resultado que

un 62% de la población universitaria lleva a cabo una categorización de los residuos en sus hogares, de acuerdo con la Figura 4.5.

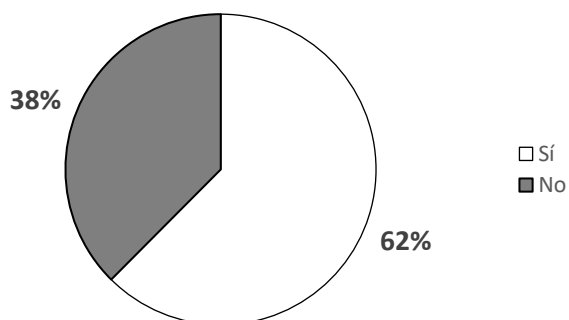
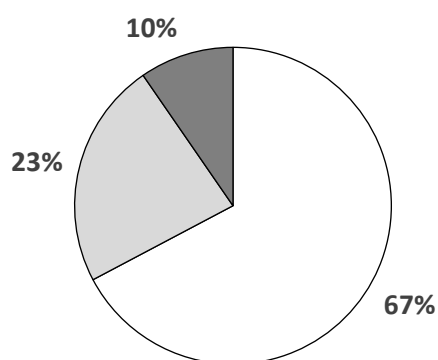


Figura 4.5 Respuestas a la pregunta ¿separa usted los residuos que genera en su hogar?

Pregunta 9. Siguiendo la pregunta anterior, ¿separa usted los residuos que genera en la universidad? y pregunta 11. ¿Considera usted que conoce claramente como separar de manera correcta los residuos que genera en las instalaciones de la universidad?

Se determina que cerca de un 80% de la población universitaria procura separar los residuos que genera dentro de la sede (Figura 4.6). Sin embargo, la mayoría las personas que realizan este esfuerzo expresan que, a pesar de hacerlo, dudan de la forma correcta de llevarlo a cabo (Figura 4.7). Adicionalmente casi un 10% de la población comentó no tener conocimiento alguno sobre la forma correcta de caracterizar los residuos en la institución.



- Sí, los separo, pero no los lavo ni seco antes de colocarlos en los recipientes
- No, todos los coloco en el mismo recipiente sin lavar
- Sí, los lavo, seco y coloco en los recipientes correspondientes

Figura 4.6 Porcentaje de población universitaria que separa los residuos que genera en el campus.

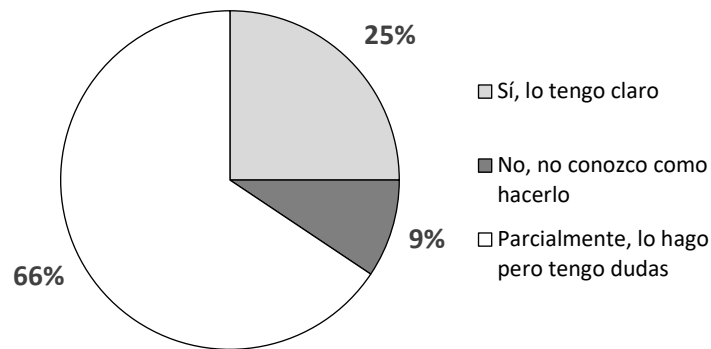


Figura 4.7 Porcentaje de la población que conoce como separar los residuos que genera de manera correcta.

Pregunta 10. Según su percepción, ¿considera que en la universidad se cuenta con un modelo estandarizado para separar los residuos valorizables? Por ejemplo, ¿en cada edificio se cuenta con los mismos tipos de recipientes y las mismas categorías de separación?

De análisis de la situación actual se determinó que existían oportunidades de mejora con respecto a los contenedores para la separación de residuos en la sede. Las respuestas a la pregunta 10 de la encuesta confirman este hecho (Figura 4.8). La mayoría de la población piensa que no se cuenta con un modelo estandarizado para la separación de residuos.

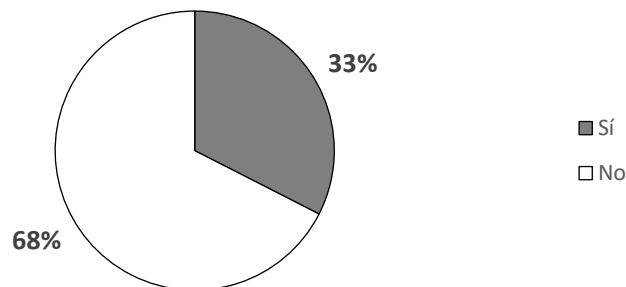


Figura 4.8. Percepción sobre si se cuenta con un modelo estandarizado para separar los residuos o no en la universidad.

En general, los resultados de la encuesta confirman que, pese a los esfuerzos, existe una necesidad por parte de la comunidad universitaria de recibir capacitación en el tema de separación de residuos sólidos para gestionarlo que generen dentro de las instalaciones de manera correcta. Se demuestra que gran parte de la población realiza esfuerzos en el tema,

pero principalmente de manera empírica, lo que puede generar complicaciones operativas en las etapas posteriores de gestión.

En el Apéndice 7 se detallan algunos otros datos revelados en la encuesta como, por ejemplo, tipos de residuos que más se separan en el recinto, los medios de comunicación por los cuales la comunidad prefiere ser contactada, el grado de satisfacción general de estudiantes y funcionarios con el servicio de recolección de residuos y un resumen de recomendaciones sugeridas por los encuestados para la mejora del servicio de gestión de residuos dentro de la sede Rodrigo Facio.

4.1.3 Estudio de generación y composición de residuos sólidos

Como se explicó en el Capítulo 3, el estudio de generación y composición de residuos sólidos se llevó a cabo durante cinco días consecutivos del mes de setiembre y posteriormente se repitió durante otra semana en octubre. Los resultados del registro de la cantidad de bolsas y el peso tanto para la muestra inicial, como para la muestra después del cuarteo se plasman en el Cuadro 4.5.

Cuadro 4.5 Registro de los datos de las muestras del estudio de generación y composición.

Mes	Muestra inicial		Muestra después del cuarteo	
	Bolsas (unidades)	Peso (kg)	Bolsas (unidades)	Peso (kg)
Septiembre	98	335,5 ³	13	44,5
Octubre	140	334,0	15	85,5
TOTAL	238	669,5	28	130

Entre el primer estudio y la repetición del mes siguiente se recolectó un total de 669,5 kg de residuos sólidos ordinarios. Esta cantidad fue sometida a la metodología de cuarteos para resultar en una muestra de 130 kg o 28 bolsas cuyo contenido se procesó y separó en 7 categorías que posteriormente fueron pesadas de manera individual para determinar los diferentes porcentajes de composición.

³ Debido a limitaciones en logística y disponibilidad de herramientas, este resultado se estimó a partir de la cantidad de bolsas resultantes del cuarteo y su peso promedio.

Los resultados de la caracterización de los residuos fueron consistentes para ambas semanas a excepción de dos tipos de materiales: el papel o cartón, y los ordinarios. La Figura 4.9 y la Figura 4.10 resumen la caracterización por tipo de material de las muestras para cada semana. Se puede apreciar que los porcentajes tetrabrik y aluminio se conservaron iguales para ambos meses con un 10% y un 2% respectivamente. Por su parte, los residuos plásticos, orgánicos, coprocesables y especiales no presentaron diferencias mayores a un 3% entre las muestras tomadas cada mes.

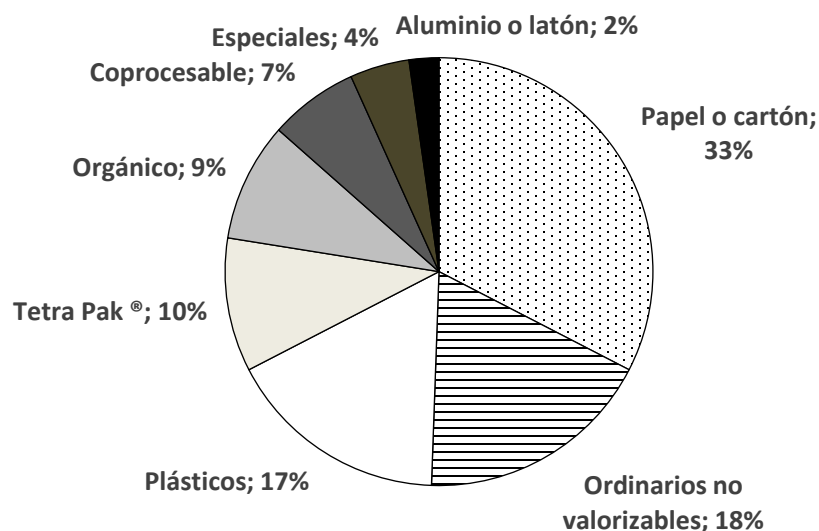


Figura 4.9 Composición de la muestra de residuos del estudio del mes de setiembre.

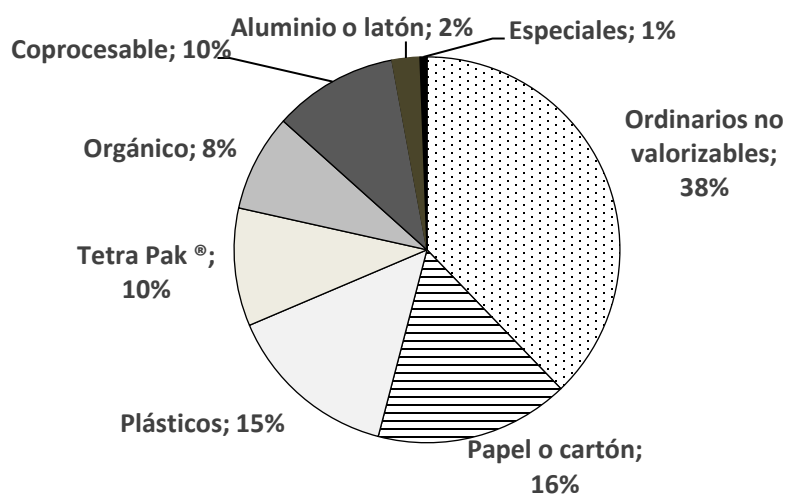


Figura 4.10 Composición de la muestra de residuos del estudio del mes de octubre.

Para el caso del papel o cartón, así como los residuos ordinarios si existió un cambio entre el porcentaje de composición presente entre la muestra del mes de setiembre y la de octubre. En el primer mes fue posible separar un 33% de los residuos de papel y un 18% de los materiales evaluados se clasificaron como ordinarios, por su parte, para el segundo mes el porcentaje de papel se redujo a 16% y el de no valorizables aumentó a 38%. Se deduce que la razón de esta diferencia se debe a una situación anormal durante la primera semana de estudio, debido a que a la hora de realizar los cuarteos se encontró una bolsa muy pesada que estaba compuesta por exámenes escritos (Figura 4.11a), mientras que, para la semana del mes de octubre, aunque también se encontraron residuos de papel de pruebas, la cantidad fue mucho menor y predominó más la existencia de cajas de cartón (Figura 4.11b). Se necesitan estudios complementarios para sustentar esta hipótesis.



Figura 4.11 Residuos de papel y cartón para los estudios de setiembre (a) y octubre (b).

Aun tomando como referencia el caso más crítico del estudio de generación y composición de residuos es posible evidenciar que existe un alto porcentaje de residuos valorizables que se están descartando como ordinarios. Esta situación repercute en temas de costos, tiempo, contaminación y reputación, por lo que se debe velar por generar un cambio en este sentido.

Previsiones futuras

Los resultados obtenidos del estudio de generación y composición de residuos se extrapolaron a la cantidad total de residuos generados en el campus, con el fin de determinar el impacto potencial de una correcta separación. Cabe resaltar el hecho que se trata únicamente de una aproximación, debido a que la muestra de residuos analizada en el estudio no fue la apropiada para considerarse estadísticamente representativa de la totalidad.

Cuadro 4.6 Registros históricos de peso de residuos generados en la sede Ciudad Universitaria Rodrigo Facio [34].

Año	Promedios de generación de residuos (ton)		
	Mensual	Semanal	Anual
2017	88,50	20,39	1061,94
2018	118,20	27,23	1418,38
2019	122,81	28,30	1473,74
2020	54,58	12,58	654,98
2021	77,03	17,75	924,39
2022	66,56	15,34	798,66
Promedio	87,95	20,26	1055,35
Máximo	122,81	28,30	1473,74
Mínimo	54,58	12,58	654,98

Tomando los datos promedio de generación anual de residuos sólidos ordinarios llevados a relleno sanitario y aplicando los porcentajes promedio de cada tipo de residuo obtenidos del estudio de composición y generación, se obtiene un desglose de las toneladas anuales que se estarían generando de cada tipo de residuo (Cuadro 4.7).

Cuadro 4.7. Cálculos aproximados de toneladas de generación de residuos anual por tipo de residuo.

Categoría	Peso (kg)	Porcentaje por tipo de residuo (%)	Peso anual (ton)
Papel o cartón	28,5	22	230,5
No valorizables	40,5	31	327,5
Plásticos	20,0	15	161,7
Tetrabrik	13,0	10	105,1
Orgánico	11,0	8	89,0
Coprocesables	12,0	9	97,0
Especiales	4,0	3	32,3
Aluminio o latón	1,5	1	12,1
TOTAL	130,5	100	1 055,3

Considerando que se cuente con opciones para una valorización de todos los residuos de papel o cartón, plásticos, tetrabrik, orgánicos, coprocesables, especiales y de aluminio o latón

se estaría generando una disminución de 727,8 toneladas de residuos depositadas en el relleno sanitario.

Se calcularon las emisiones en toneladas de CO₂ equivalentes correspondientes a la disposición de esas 727,8 toneladas de residuos en un relleno sanitario con los factores de emisión del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) (Cuadro 4.8).

Cuadro 4.8 Emisiones derivadas de la gestión de residuos sólidos en relleno sanitario.

Datos de la actividad				Factores de emisión CH ₄		Potencial de Calentamiento Global (PCG) CH ₄	Total
Tipo de emisión	Fuente	Valor	Unidades	Valor	Unidades	t CO ₂ e	t CO ₂ e
Indirecta	Residuos sólidos totales	1 055 000	kg/año	0,0519	kg CH ₄ /kg res	1 149,84	1 149,84
Indirecta	Residuos sólidos valorizables	727 800	kg/año	0,0519	kg CH ₄ /kg res	793,23	793,23

Para obtener un dato certero del balance neto de emisiones que se reducirían al evitar esta disposición en el relleno, sería necesario calcular las emisiones de cada uno de los tipos de residuos en los diferentes procesos de valorización. Para esto, se puede referenciar la investigación llevada a cabo en dos universidades europeas donde se evidenció mediante una metodología de LCA una reducción de 32 ton de CO₂ equivalentes para una institución que generaba 215 ton de residuos al año y asumiendo una separación del 50% de los residuos generados [1].

Adicionalmente se hizo uso de la herramienta SWEET, la cual proporciona estimaciones de emisiones y reducciones de acuerdo con diferentes escenarios que se incluyan en esta [35]. Se trabajó un caso hipotético donde a partir del año 2026 se valorice la totalidad de residuos plásticos, de papel o cartón y metálicos, así como el inicio de un proyecto donde se gestione la mitad de los residuos orgánicos generados en el campus. Los datos ingresados a la herramienta para el cálculo se detallan en el Apéndice 8.

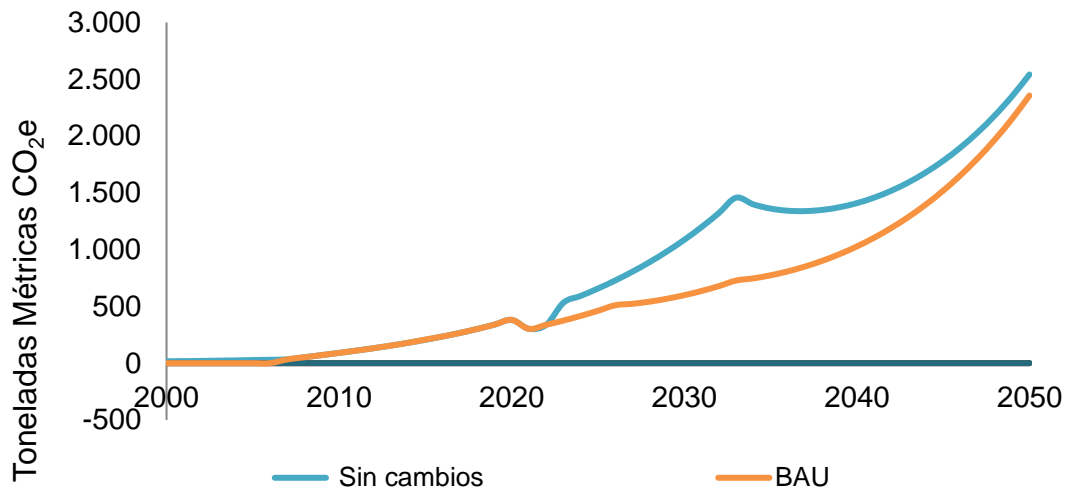


Figura 4.12 Resultados de estimación de emisiones por la herramienta SWEET.

Los resultados obtenidos por la herramienta presentados en la Figura 4.12 muestran reducciones de hasta 730 toneladas de CO₂ equivalentes para el año 2033 al comparar el caso hipotético (BAU) contra un escenario en el cual no se implemente ningún tipo de gestión para la fracción de residuos compuesta por materiales valorizables (Sin cambios).

4.2 LINEAMIENTOS PARA LA SEPARACIÓN DE RESIDUOS EN LA FUENTE Y PARA LAS CONDICIONES DE LOS CENTROS DE TRANSFERENCIA

En respuesta a los hallazgos sobre la situación actual de la gestión de residuos en la sede Rodrigo Facio de la UCR se plantean una serie de lineamientos en educación ambiental, contenedores de recolección, condiciones de los CT y otras estructuras, en busca de una mejora de la gestión de residuos institucional.

Educación ambiental

Los resultados de la encuesta revelaron que existe una gran oportunidad de mejora en la capacitación de la población universitaria en el tema de separación de residuos. La reunión con GASEL resaltó la importancia que ha tenido para el TEC el contar con una estrategia para educar a los estudiantes y funcionarios en el tema.

La encargada de educación de GASEL indicó que la capacitación para el TEC se efectúa en coordinación con las escuelas de química, matemática, administración de empresas, ciencias sociales y computación, y se separa en dos periodos. El primer semestre del año se enfoca en

abarcar cursos introductorios con nuevos estudiantes que ingresan a la institución. Posteriormente, durante el segundo semestre se aprovecha el espacio para capacitar estudiantes más avanzados en sus carreras y así disminuir la probabilidad de que algún estudiante que se haya perdido la capacitación introductoria no la obtenga nunca, así como de reforzar los conocimientos de quienes si la recibieron.

De acuerdo con esta experiencia, y observando el acierto que ha tenido otra institución de educación superior pública del país, la UCR se puede aprovechar los cursos existentes que son de carácter obligatorio para toda la comunidad estudiantil y adaptar la estrategia para poder replicarla en Rodrigo Facio.

A continuación, se presenta una propuesta base de la logística a implementar en la sede Rodrigo Facio aprovechando la característica de obligatoriedad para todas las carreras del Curso Integrado de Humanidades I y II, así como el Seminarios de Realidad Nacional. Tomando como base los datos del primer ciclo lectivo del año 2023, se contó con una totalidad de 70, 9 y 110 grupos para cada uno de estos cursos respectivamente.

Considerando lo anterior, se formuló una propuesta de acción para capacitar a los estudiantes al inicio del año lectivo. Se establece la capacitación para 189 grupos, que incluyen los recién descritos, un tiempo por capacitación de 30 minutos y una persona encargada de dar la capacitación con una jornada laboral de 8 horas diarias. A partir de estos datos se calculó el tiempo mínimo requerido para lograr llevar a cabo la capacitación de todos los grupos y se obtuvo como resultado un periodo de 15 días (Cuadro 4.9).

Cuadro 4.9. Cálculos del tiempo necesario para la capacitación de los estudiantes de la sede universitaria.

Concepto	Valor
Grupos por capacitar	189
Tiempo por capacitación (min)	30
Jornada laboral ⁴ de persona que capacita (min)	390
Capacitaciones por día	13
Tiempo mínimo necesario para capacitar 100% de los cursos (días)	15

Adicionalmente se debe considerar otros factores como choques de horarios, desplazamientos entre edificios, incapacidades u otro imprevisto, por lo cual se establece que

⁴ Se consideró una jornada de ocho horas con 1 hora y media libres para tiempos de comida.

para capacitar a todos los estudiantes de los 189 grupos en el I ciclo lectivo del año se requiere un periodo aproximado de un mes.

Una alternativa a considerar, para reducir el riesgo de atrasos por los imprevistos, es el uso de video tutoriales para las capacitaciones. En este caso se puede aprovechar el conocimiento de estudiantes de carreras afines a comunicación, quienes podrán colaborar en la elaboración de este material audio visual.

Por último, también es importante reformar el conocimiento de los funcionarios e incluir la educación del personal encargado de la manipulación de residuos. Para esto se plantea continuar con el programa de capacitación actual, pero a la vez realizar un estudio de brechas y reforzar los puntos de mejora que se encuentren.

Contenedores de separación de residuos

A raíz de las visitas de campo se logró comprobar que no existe una distribución adecuada de los contenedores para la separación de residuos en la fuente. En respuesta a esto, se plantea un análisis base aproximado para determinar la distancia optima que debería existir entre los puntos con contenedores para la separación de sus residuos. Los datos utilizados para este cálculo se muestran en el Cuadro 4.10.

Cuadro 4.10 Datos para el cálculo de la distancia optima entre islas de separación de residuos.

Concepto	Valor	Unidad	Consideraciones
Población	4 2605	personas	Incluye estudiantes y funcionarios
Generación de residuos diaria	6 724	kg	Se tomó el caso más crítico (alto) de generación de residuos de los últimos 3 años, según registros de la OSG.
Generación per cápita	0,158	kg/persona-día	
Densidad de residuos	155,25	kg/m ³	Dato promedio del estudio de Herrera, 2016.
Capacidad de los recipientes de separación	0,042	m ³	Se considera un contenedor de fácil acceso y con los colores necesarios.
Área de Rodrigo Facio (3 fincas)	814 536,1 359 335,8	m ²	Área total Área construida

Con los datos de peso y densidad de los residuos se determinó el volumen de generación diario en la sede, el cual resultó en 43,3 m³. Por su parte, considerando que cada estación de separación de residuos debe contar con al menos 4 contenedores para las categorías de envases, aluminio, papel y cartón y ordinarios, y también tomando en cuenta un 20% de

sobredimensionamiento por cualquier eventualidad, se define capacidad instalada por estación de 0,2 m³. De estos dos datos se pueden inferir que es necesario tener 215 unidades de separación de residuos a lo largo de todo el campus universitario.

Considerando que la sede Rodrigo Facio tiene un área de 814 536,1 m², se divide esta área entre el número de unidades necesarias inferido y se establece que cada punto de separación de residuos debe abarcar un área circunferencial de 3 791,2 m².

Para poder interpretar este dato de una manera más clara se calculó el radio de distancia correspondiente con esta área mediante la fórmula del área de un círculo (ecuación 2) y despejando r. Se obtuvo entonces que las islas de separación de residuos deben encontrarse a un mínimo de 35 m de distancia entre sí.

$$A = \pi * r^2 \quad \text{Ecuación (2)}$$

Dónde:

π = número “pi”

r = radio del círculo

Adicional a la ubicación de las islas de separación se propone que todas cuenten con rotulación clara y sencilla para que las personas (ya capacitadas) puedan entender dónde colocar sus residuos. De acuerdo con lo anterior, es indispensable remover todos los basureros individuales de aulas y espacios abiertos y promulgar el uso de estas nuevas estaciones. También se propone colocar un código QR en los contenedores que lleve a una página web donde el usuario pueda ver tanto una guía de separación de residuos en el campus, así como un formulario donde pueda enviar actualizaciones del estado de las islas de separación en tiempo real (para notificar daños, si algún punto no ha sido recogido, incorrecta separación de residuos, o cualquier otra situación). Lo anterior se llevó a cabo un estudio de dos universidades europeas y dio como resultado un monitoreo en tiempo real de las estaciones, pero además un involucramiento mayor de la población universitaria en la correcta gestión de sus residuos [1].

Condiciones de los Centros de Transferencia

El principal obstáculo evidenciado con respecto a las condiciones de los CT es su capacidad. Durante las visitas se observaron situaciones donde se acumulaban grandes cantidades de residuos y estos ya no cabían dentro de los contenedores estipulados para este fin (Figura

4.13). Esta situación desemboca otra serie de problemas como que los residuos se mojen, lleguen animales y rompan las bolsas para buscar comida, entre otros.



Figura 4.13 CT con contenedores de residuos llenos.

De acuerdo con lo anterior, se propone, siempre que sea posible ampliar el tamaño de los CT o en su defecto, de los contenedores de residuos que se encuentran en estos para evitar que estos se saturen y también para facilitar la recolección una sola vez durante el día.

Se determinó que la UCR en Rodrigo Facio no cuenta con un centro de acopio de residuos institucional. Los trabajadores del servicio de recolección de residuos valorizables realizan tareas de categorización y acomodo de residuos en el camión, lo cual resulta en mayores tiempos de duración de las rutas de recolección. Se debe evaluar la opción de seguir el ejemplo otras instituciones de educación superior pública de país, por ejemplo, en el TEC se cuenta con el programa de Manejo de Residuos Institucionales (MADI) el cual es un centro de acopio interno de la institución.

Por último, un actor muy importante en la gestión de residuos corresponde a los gestores autorizados de los mismos. Se evidencia la necesidad en la UCR de expandir la lista de gestores autorizados para conseguir valorizar una mayor cantidad de residuos como los coprocesables y orgánicos, por ejemplo.

4.3 SISTEMA OPTIMIZADO DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS

Para el planteamiento del sistema optimizado de residuos se debe recordar tomar en consideración los criterios de consideraciones teóricas y prácticas, experiencia de expertos y uso de tecnologías. Se presentan a continuación la propuesta de rutas, horarios y frecuencias de recolección, de acuerdo con los resultados obtenidos.

Rutas de recolección

Las propuestas planteadas se rigen considerando los criterios teóricos de diseños de rutas. Por ejemplo, se divide el área universitaria en sectores y se siguen las reglas de diagramación. Sin embargo, adicional a esto es necesario verificar que los resultados teóricos tengan sentido al aplicarse en la práctica, para lo cual se realizaron visitas que permitieron descubrir los obstáculos en cada espacio de la sede. A continuación, se hace una descripción de las principales dificultades encontradas durante las visitas para cada finca.

Ruta Finca 1

El territorio definido por la ruta se encuentra construido en un 56% y agrupa edificaciones administrativas, de investigación y de las diferentes facultades y escuelas [36].

Las principales complicaciones de esta ruta se presentan con respecto al ancho de las vías, el cuál es reducido, así como a la cantidad de giros que es necesario dar, ya que se la mayoría del espacio se recorre de manera circunferencial alrededor del área, donde las calles en dirección contraria avanzan en paralelo (para más detalles ver Anexo 1). En adición a lo anterior, el espacio de parqueo en esta finca es muy reducido, por lo cual cuando se encuentra lleno se reduce aún más el ancho de las vías y el acceso a los 15 CT distribuidos en el territorio.

Ruta Finca 2

El terreno de finca 2 que también se conoce como Ciudad de la Investigación posee edificaciones más nuevas, en este se encuentran las Facultades de Ciencias Sociales e Ingeniería, así como también laboratorios, centros e institutos dedicados a la investigación [36].

En esta finca se sitúan 10 CT, la mayoría se encuentran más accesibles con menos curvas, sin embargo, el terreno aun presenta algunas complicaciones en ciertos casos para acceder con el camión. El problema de parqueos se ve reducido en esta área debido a la presencia de edificios de parqueo en el lugar. Una descripción gráfica de lo recién escrito en el sitio se observa en el Anexo 1.

Ruta Finca 3

En finca 3 o Instalaciones Deportivas se ubica la Escuela de Educación Física y Deportes, la Facultad de Odontología, el Archivo Universitario y las Oficinas de Suministros; adicional a

esto se encuentran dos piscinas, tres gimnasios y un Estadio Ecológico (para más detalles consultar el Anexo 1).

De conformidad con las visitas, se evidenció que el recorrido del camión presenta algunos obstáculos principalmente al inicio de la ruta, cerca del ingreso principal, sin embargo, el resto del recorrido para abarcar los 4 CT es de fácil acceso siempre y cuando no haya un evento deportivo o alguna otra actividad.

Propuesta de rutas

Considerando los hallazgos ya descritos se propuso una ruta nueva para cada finca, procurando reducir el trayecto recorrido, así como la cantidad de giros peligrosos. Adicionalmente, se priorizó que las rutas sugeridas abarcaran en un inicio los sitios de más difícil acceso de la universidad.

Los resultados de las rutas propuestas se pueden observar en las Figuras 4.14, 4.15 y 4.16, además el Cuadro 4.11 presenta un resumen de los tipos de trayecto que recorre el camión en cada caso y muestra el cálculo de los ahorros en distancia con respecto a las prácticas actuales de recolección.

Cuadro 4.11 Distancias de los diferentes tipos de recorrido que realiza el camión recolector en cada ruta.

Distancia (m)	Rutas		
	1	2	3
Caminos y calles	5 491,29	2 336,96	1 537,46
En reversa	268,53	291,42	46,38
Repetido	914,16	430,83	0,00
Fuera del sector	364,27	326,28	245,99
Propuesta de recorrido	6 673,98	3 059,21	1 583,84
Recorrido actual	8 015,51	5 364,47	1 583,84
Ahorro en distancia	1 341,53	2305,26	0,00

TIPOS DE RECORRIDO EN LA PROPUESTA DE RUTA DE RECOLECCIÓN PARA FINCA 1 DE LA SEDE CIUDAD UNIVERSITARIA RODRIGO FACIO, UCR

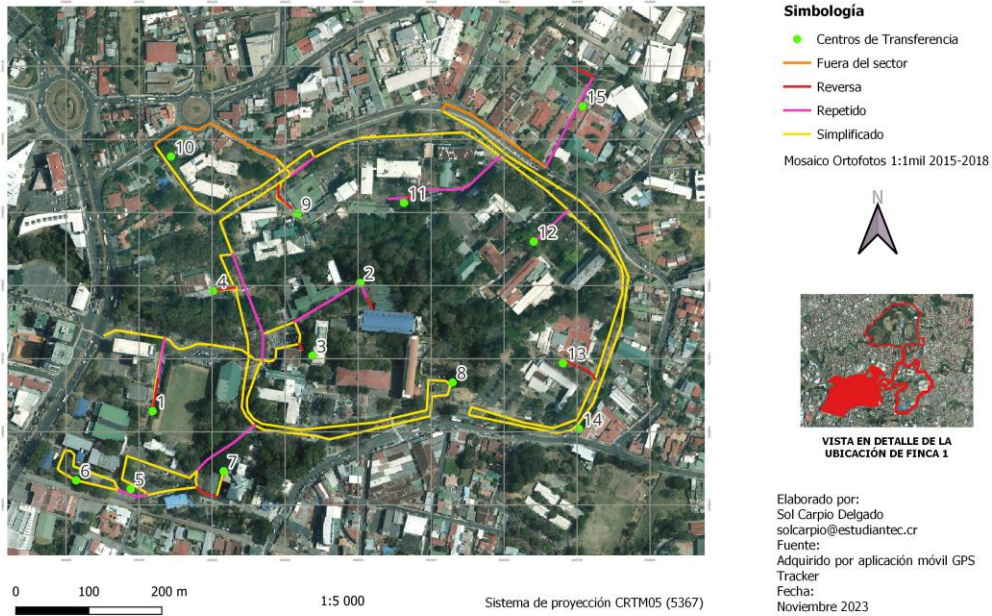


Figura 4.14. Propuesta de ruta para finca 1 de la sede Rodrigo Facio Brenes.

TIPOS DE RECORRIDO EN LA PROPUESTA DE RUTA DE RECOLECCIÓN PARA FINCA 2 DE LA SEDE CIUDAD UNIVERSITARIA RODRIGO FACIO, UCR

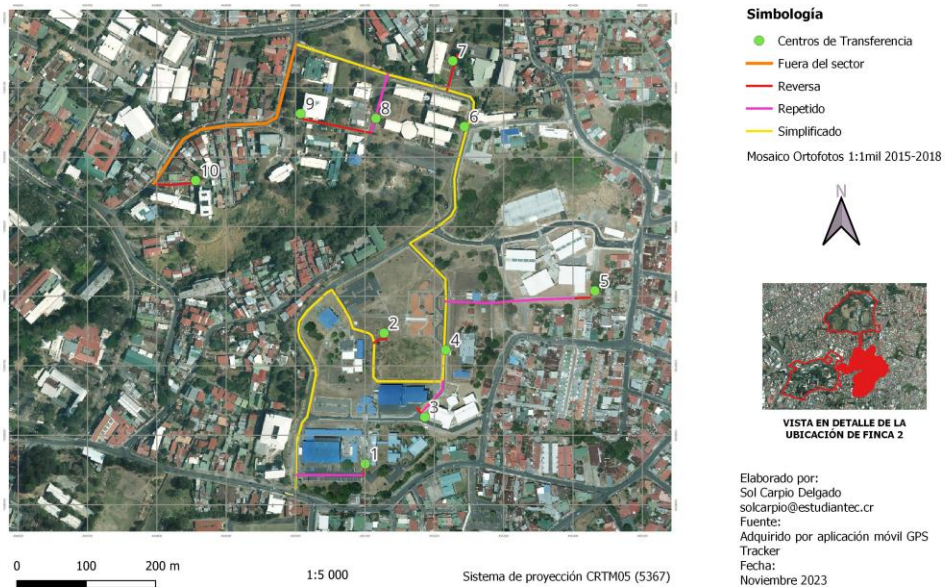


Figura 4.15 Propuesta de ruta para finca 2 de la sede Rodrigo Facio Brenes.



Figura 4.16. Propuesta de ruta para finca 3 de la sede Rodrigo Facio Brenes.

Con respecto a la frecuencia de recolección, las rutas se deben mantener con una operación los 5 días de la semana, sin embargo, se sugiere adaptar los CT y comunicar los horarios a los funcionarios encargados de limpieza de la universidad de manera tal que la ruta solo se lleve a cabo una vez al día.

Ruta	Horario	Observaciones
Finca 1	6:00 – 8:00 am	Una vez terminada esta ruta, se parquea el camión en las instalaciones de finca 1 para el tiempo de desayuno. Al retomar la ruta se continúa con finca 2.
Finca 2	9:30 – 11:00 am	Posterior a esta ruta se da la hora de almuerzo.

Ruta	Horario	Observaciones
Finca 3	12:00 – 1:00 pm	Se finaliza dejando el camión de residuos en finca 2, es el espacio establecido.

Se establecen los días miércoles y viernes para ir a relleno sanitario en un horario a partir de las 8:00 am, por lo cual estos días solo se recogerán los CT que más se llenen de finca 2 y 3 al regresar del relleno sanitario.

4.4 PLAN DE ACCIÓN

Las oportunidades de mejora descubiertas durante el análisis de resultados de esta investigación se plasmaron en un plan de acción con el fin de facilitar la puesta en práctica de la estrategia para la optimización de la separación y recolección de residuos en la sede universitaria Rodrigo Facio por parte de la OSG y de la UGA. El periodo de implementación propuesto es de 2024 al 2026

Oportunidad de mejora identificada	Descripción	Responsable	Indicador de línea base	Costos asociados	Duración estimada	Periodo de implementación
Educación ambiental	<p>Se capacita a los estudiantes de todos los grupos de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Curso Integrado de Humanidades I • Curso Integrado de Humanidades II • Seminario de Realidad Nacional <p>La capacitación se lleva a cabo durante el primer semestre del año.</p> <p>Evaluar la posibilidad de capacitar a todos los estudiantes que vayan a iniciar su TCU, con el objetivo de fortalecer los conocimientos en los estudiantes que ya fueron capacitados en los cursos iniciales de carrera, así como completar la educación en el</p>	UGA	# de estudiantes capacitados	Salario por horas de 1 persona que capacite a los estudiantes.	4 semanas	Anual, iniciando en el I Semestre 2025

Oportunidad de mejora identificada	Descripción	Responsable	Indicador de línea base	Costos asociados	Duración estimada	Periodo de implementación
	tema para todos los que no tuvieron acceso a la primera capacitación.					
Distribución de los puntos de separación de residuos en la fuente	<p>Eliminar todos los contenedores de residuos que no posean las características descritas en la estrategia de separación de la universidad.</p> <p>Llevar a cabo un análisis de puntos estratégicos para la colocación de islas de separación de reciclaje.</p> <p>Se debe incluir además una estrategia de comunicación de los resultados.</p>	OSG	<p># de contenedores incorrectos eliminados</p> <p># de islas de separación colocadas en la sede</p>	<p>Se aproximan unos 10 millones de colones, tomando en consideración la compra de 215 islas de recolección de residuos. Se debe evaluar la reutilización de contenedores existentes en la universidad y replantear este dato.</p>	1 año (por temas de aprobación de presupuesto y adquisición de las islas)	2025
Cambio de contenedores de los CT	Compra de contenedores de residuos más grandes para los CT, de manera tal que la recolección no tenga que repetirse más de una vez al día	OSG	# de contenedores adquiridos y # de recolecciones por día en cada CT	Se debe cotizar el valor de la adquisición de contenedores de mayor tamaño	1 año (por temas de aprobación de presupuesto y facilidad de	Por definir

Oportunidad de mejora identificada	Descripción	Responsable	Indicador de línea base	Costos asociados	Duración estimada	Periodo de implementación
					encontrar proveedores)	
Centro de acopio interno	Asignar un espacio dentro de la sede para poder realizar un acopio de los materiales valorizables recogidos en la ruta y poder realizar su debido acondicionamiento antes de llevarlo con los gestores finales de residuos.	OSG	Es necesario plantear un proyecto y posteriormente se puede medir el % de avance en este.	Depende de la disponibilidad de un espacio en la universidad para este fin y al acondicionamiento que se le deba realizar a este.	1 año	2025
Rutas de recolección de residuos	Implementar y monitorear las rutas de recolección sugeridas. Realizar correcciones a los parámetros establecidos en caso de ser necesario.	OSG	Ahorro en tiempo y distancia con respecto a los datos de línea base	N/A	6 meses	I Semestre 2024
Campañas de reducción de uso de papel	De acuerdo con los resultados del estudio de generación y composición de residuos surge la necesidad de plantear campañas de reducción del uso de papel donde se incluya el incentivo a un aumento en el uso de firma o plataformas digitales para docencia.	UGA	Reducción en toneladas de residuos de papel y cartón	Evaluar los costos de una estrategia de comunicación o actividades de perifoneo o sociales en la universidad	1 mes	II Semestre 2024

Oportunidad de mejora identificada	Descripción	Responsable	Indicador de línea base	Costos asociados	Duración estimada	Periodo de implementación
Dispensadores de agua	Colocar dispensadores de agua potable en puntos estratégicos de la universidad, para reducir el uso de plástico de un solo uso.	OSG	m ³ de agua ahorrados (dependiendo del dispensador, el dato puede estar accesible en este)	Costos asociados a los dispensadores y su colocación.	5 años	2025
Compostaje	Evaluar la viabilidad de generar un programa de compostaje institucional que gestione todos los residuos orgánicos generados en el campus. En su defecto, evaluar la posibilidad de que cada escuela o facultad compre una compostera para su edificio.	OSG	kg de residuos orgánicos llevados a compostaje	Costo de la compostera industrial o bien de las composteras individuales.	2 años	2026

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A pesar de los esfuerzos realizados hasta la fecha por los entes responsables en la sede Rodrigo Facio Brenes de la UCR en establecer compromisos y metas en el tema de separación y recolección de residuos, se evidencia una falta de proyección de lo presentado en la teoría hacia la realidad.

Fue posible determinar que existe más de un 75% de la población universitaria, incluyendo estudiantes y profesores, que presenta una predisposición positiva a contribuir a con la correcta separación de los residuos que genera en el campus, sin embargo, cerca del 90% de estas personas carecen de la capacitación necesaria en el tema para hacerlo.

Los resultados del estudio de generación y composición de residuos solo pretenden dar a conocer a manera general la problemática que existe en la actualidad con la separación de residuos en la sede. De momento los resultados no son representativos de la totalidad de residuos generados en la sede y solo se usan como aproximaciones a posibles escenarios.

Considerando lo anterior, el estudio de generación y composición de residuos permitió evidenciar que existe un alto porcentaje de residuos sólidos valorizables que se están escapando en el flujo de ordinarios sin ser separados en la fuente. Para la muestra evaluada se alcanzó una fracción de residuos valorizables de cerca del 70% del total.

Existen potenciales de reducción de emisiones cercanos al 50%, si se logra gestionar mediante procesos de reciclaje, compost, coproceso u otros métodos, la fracción de residuos valorizables en la muestra analizada.

Los lineamientos para la correcta separación de residuos en el campus deben contemplar de manera articulada esfuerzos en educación ambiental, replanteamiento de las islas de separación en el campus y una ampliación en la capacidad de los CT.

La capacitación de los estudiantes de la sede se puede llevar a cabo aprovechando el hecho de que existen cursos obligatorios que todos los estudiantes deben completar al inicio de su vida universitaria. Adicionalmente, tomando en consideración las experiencias de otro centro de educación superior del país, se debe complementar esta primera capacitación con un seguimiento en cursos más avanzados del plan de estudios de las diferentes carreras.

La propuesta de un nuevo sistema de recolección de residuos resulta en una reducción de cerca de 950 km de distancia anuales, lo cual se refleja como reducciones en tiempo, consumo

de combustible e impacto al ambiente. No se puede concluir sobre la eficiencia de las rutas de momento, pues estas deben ponerse en práctica y ser evaluadas primero.

Para estudios posteriores se recomienda realizar un estudio de generación y composición de residuos que incluya la totalidad de la sede universitaria (las 3 fincas), así como una muestra apropiada para garantizar la representatividad de los resultados.

Así mismo, se sugiere el uso con mayor atención a los detalles de la herramienta SWEET, con el fin de establecer una línea base de las emisiones generadas en la sede universitaria atribuibles a la gestión de residuos, así como para proyectar diferentes escenarios de reducción de emisiones de la mano con planes de acción específicos.

Por otra parte, se plantea evaluar el establecimiento de un centro de acopio institucional que permita optimizar el sistema existente de separación y recolección de residuos valorizables de la universidad, siguiendo el ejemplo y los aciertos de otras instituciones de educación superior del país.

Se sugiere mejorar el uso de líneas de comunicación con la población estudiantil, por ejemplo, mediante redes sociales, para involucrar cada vez más a la población universitaria en la gestión integral de los residuos.

Se resalta la importancia de mantener bases de datos actualizadas con información de pesajes, consumos de materias primas, distancias, entre otra información que sea de relevancia para investigaciones futuras.

Por último, se resalta la importancia de trabajar en los puntos de mejora y propuestas proyectos planteados en la presente estrategia para la optimización de la separación y recolección de residuos en la sede Rodrigo Facio Brenes de la UCR.

6 REFERENCIAS

- [1] S. Di Salvatore, G. Magatti, M. Acciarri, M. Rossetti, L. P. da Costa, y I. Ribeiro, “Solid Waste Management Approach at the University through Living Labs and Communication Strategies: Case Studies in Italy and Portugal”, *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, núm. 9, may 2022, doi: 10.3390/su14095240.
- [2] E. Sánchez-Salinas, L. Ortiz-Hernandez, y M. L. Castrejón-Godínez, “WASTE MANAGEMENT IN INSTITUTIONS OF HIGHER EDUCATION AS A TOOL FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION”, CISA Publisher, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/292326746>
- [3] S. Kaza, L. C. Yao, P. Bhada-Tata, y F. Van Woerden, *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington, DC: World Bank, 2018.
- [4] Unidad de Gestión Ambiental y Vicerrectoría de Administración, “Programa de Gestión Ambiental Institucional”, San José, jul. 2020.
- [5] Poder Ejecutivo, “Ley para la Gestión Integral de Residuos N° 8839”. Consultado: el 27 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=68300
- [6] Poder Ejecutivo, “Reglamento para la disposición final de medicamentos, materias primas y sus residuos”, *La Gaceta*, 2010, Consultado: el 19 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=68197&nValor3=81183&strTipM=TC
- [7] J. Rojas-Vargas y J. Bogantes, “Cuantificación y caracterización de los residuos sólidos ordinarios de la Universidad Nacional de Costa Rica, dispuestos en rellenos sanitarios”, *Uniciencia*, vol. 32, núm. 2, p. 57, jul. 2018, doi: 10.15359/ru.32-2.4.
- [8] Ministerio de Salud, “Disposición correcta de la basura: El relleno sanitario”, San José, 1997. Consultado: el 19 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.binasss.sa.cr/poblacion/rellenosanitario.htm>

- [9] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), “Informe de la Situación del Medio Ambiente en México”, en *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, edición 2018*, 2018a ed., Ciudad de México, 2018, pp. 429–470.
- [10] M. del P. Sánchez, J. G. Cruz, y P. C. Maldonado, “Gestión de residuos sólidos urbanos en América Latina: un análisis desde la perspectiva de la generación”, *Revista Finanzas y Política Económica*, vol. 11, núm. 2, pp. 321–336, mar. 2019, doi: 10.14718/REVFINANZPOLITECON.2019.11.2.6.
- [11] Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), “ODS 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles en América Latina y el Caribe”. Santiago, 2019.
- [12] Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), “Informe de estado del ambiente: Costa Rica 2017”, San José, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/325625615>
- [13] El Ministerio, “PLAN NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS 2016-2021”, San José, mar. 2016.
- [14] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), “Estudios Económicos de la OCDE Costa Rica”, 2020. [En línea]. Disponible en: www.oecd.org/economy/panorama-economico-costa-rica.htm
- [15] A. Sáez y J. Urdaneta, “Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe”, *Omnia*, vol. 20, núm. 3, pp. 121–135, dic. 2014.
- [16] A. Rojas, “MS-DPRSA-1015-2021”. San José, 2021.
- [17] A. K. Ziraba, T. N. Haregu, y B. Mberu, “A review and framework for understanding the potential impact of poor solid waste management on health in developing countries”, *Archives of Public Health*, vol. 74, núm. 55, dic. 2016, doi: 10.1186/s13690-016-0166-4.
- [18] S. Calderón, “Evaluación de la gestión de residuos sólidos ordinarios en la sede central del Tecnológico de Costa Rica”, ITCR, Cartago, 2017.
- [19] Poder Ejecutivo, “Metodología para Estudios de Generación y Composición de Residuos Sólidos Ordinarios N° 37745-S”. el 19 de julio de 2013. Consultado: el 10 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en:

- http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=75341&nValor3=93371&strTipM=TC
- [20] Manus. Coffey, Adrian. Coad, y United Nations Human Settlements Programme., *Collection of Municipal Solid Waste in Developing Countries*. Malta: United Nations Human Settlements Programme, 2010.
- [21] D. Braun Vargas y L. M. Souza Campos, “Waste Management in Higher Education Institutions: A State-of-the-art Overview”, ago. 2020.
- [22] “Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible”. Consultado: el 14 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- [23] Universidad de Costa Rica (UCR), “Acerca de la U”. Consultado: el 10 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.ucr.ac.cr/acerca-u/>
- [24] Oficina de Planificación Universitaria, “Plan Anual Operativo (Ajustado) 2022”, San José, ene. 2022.
- [25] L. Rodríguez, “¿Su unidad de trabajo universitaria está disminuyendo los residuos sólidos?” Consultado: el 10 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2018/04/30/su-unidad-de-trabajo-universitaria-esta-disminuyendo-los-residuos-solidos.html>
- [26] A. González, “Control Residuos Oficina de Servicios Generales AGC actualizado 2022”. 2023. Consultado: el 10 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: https://estudiantecr-my.sharepoint.com/:x:/g/personal/solcarpio_estudiantec_cr/EWbtrDE_ftVEoq4IAbYJ9uoBTHm0LmKbUivDyYgwYNs_xA?e=zDpGIX
- [27] Universidad de Costa Rica, “Recorrido informativo con datos”, San José, may 2023.
- [28] U. de C. R. Oficina de Servicios Generales, “OSG Organigrama”. Consultado: el 10 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://osg.ucr.ac.cr/index.php/osg-quienes-somos/osg-organigrama>
- [29] U. de C. R. Oficina de Servicios Generales, “Dirección”. Consultado: el 10 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.osg.ucr.ac.cr/index.php/osg-quienes-somos/osg-organigrama/direccion>

- [30] U. de C. R. Oficina de Servicios Generales, “Historia”. Consultado: el 10 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.osg.ucr.ac.cr/index.php/osg-quienes-somos/antecedentes>
- [31] U. de C. R. Oficina de Servicios Generales, “Unidad de Gestión Ambiental”. Consultado: el 10 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.osg.ucr.ac.cr/index.php/osg-quienes-somos/osg-organigrama/direccion/unidad-de-gestion-ambiental>
- [32] K. Elizondo, “Entrevista hablada sobre la concientización ambiental estudiantil en la UCR”. el 13 de marzo de 2023.
- [33] Ministerio de Salud, *Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos (ENSRVR) 2016-2021*, 1a ed. 2016.
- [34] A. González, “Gestión de Residuos Ordinarios Enviados a Relleno Sanitario”. 2023.
- [35] US EPA, “Herramienta de Estimación de Emisiones de Residuos Sólidos (SWEET) V4.0.” 2021.
- [36] C. Araya Leandro *et al.*, “DIAGNÓSTICO SOBRE USO DEL ESPACIO, MOVILIDAD, PAISAJE Y AMBIENTE PARA LA FORMULACION DEL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL CAMPUS UNIVERSITARIO RODRIGO FACIO BRENES”, 2017.

APENDICES

APÉNDICE 1: ENCUESTA “SONDEO DE GRADO DE CONOCIMIENTO EN SEPARACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS”



OSG Oficina de
Servicios Generales

Sondeo del grado de conocimiento de la población universitaria en el tema de separación de residuos sólidos valorizables (estudiantes)

La presente encuesta pretende generar un sondeo sobre el grado de conocimiento de la comunidad estudiantil de la sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica en el tema de separación de residuos sólidos valorizables. Completarla le tomará alrededor de 10 minutos, por favor asegúrese de contar con el tiempo necesario para reflexionar y contestar todas las preguntas de manera consciente.

Los datos recopilados en esta encuesta, además de generar un registro de la información, servirán como apoyo a un trabajo final de graduación que busca generar una estrategia para la optimización de la generación y separación de residuos en la sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica.

En caso de **dudas**, por favor diríjelas al correo: solcarpio@estudiantec.cr **antes** de contestar el formulario.

¡Gracias por su colaboración!

1. ¿A cuál unidad académica pertenece? En caso de no encontrar la suya entre las opciones dadas, por favor agregarla en "Otros: " *

Artes

Ciencias Agroalimentarias

Ciencias Básicas

Ciencias de la Salud

Ciencias Económicas

Ciencias Sociales

Ingeniería y Arquitectura

Educación

Letras

Otros: _____

2. Indicar el nombre de la carrera que estudia. En caso de no encontrarla entre las opciones dadas, por favor agregarla en "Otros: " *

- Artes Dramáticas
- Diseño Plástico con varios énfasis
- Diseño Gráfico
- Historia del Arte
- Música con énfasis en Canto
- Música con énfasis en Composición
- Música con énfasis en Dirección
- Música con énfasis en Guitarra
- Música con énfasis en Instrumentos de Cuerdas
- Música con énfasis en Instrumentos de Viento y Percusión
- Música con énfasis en Piano
- Filología Clásica
- Filología Española
- Filosofía
- Francés
- Inglés
- Agronomía
- Economía Agrícola y Agronegocios con énfasis en Agroambiente
- Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia
- Ingeniería de Alimentos
- Biología

- Biología
- Ciencias Actuariales
- Educación Matemática
- Física
- Geología
- Matemáticas
- Meteorología
- Química
- Administración Aduanera y Comercio exterior varios énfasis
- Administración Pública
- Contaduría Pública
- Dirección de Empresas
- Economía
- Estadística
- Antropología
- Archivística
- Ciencias de la Comunicación Colectiva
- Ciencias Políticas
- Geografía
- Historia
- Psicología
- Sociología
- Trabajo Social
- Derecho

- Bibliotecología con énfasis en Bibliotecas Educativas
- Bibliotecología con énfasis en Ciencias de la Información
- Ciencias de la Educación: Educación Especial
- Ciencias de la Educación con énfasis en Orientación
- Ciencias del Movimiento Humano
- Educación Preescolar
- Educación Primaria
- Enseñanza de la Filosofía
- Enseñanza de la Música
- Enseñanza de las Ciencias Naturales
- Enseñanza de las Matemáticas
- Enseñanza de los Estudios Sociales y Educación Cívica
- Enseñanza del Castellano y Literatura
- Enseñanza del Francés
- Enseñanza del Inglés
- Arquitectura
- Computación con varios énfasis
- Ingeniería Agrícola y de Biosistemas
- Ingeniería Civil
- Ingeniería Eléctrica
- Ingeniería Industrial
- Ingeniería Mecánica
- Ingeniería Química
- Ingeniería Topográfica

- Farmacia
- Audiología
- Ciencias Médicas, Medicina y Cirugía
- Enfermería
- Imagenología Diagnóstica y Terapéutica
- Nutrición
- Ortopedia y Ortoprótisis
- Promoción de la salud
- Salud Ambiental
- Terapia Física
- Asistente de Laboratorio
- Microbiología y Química Clínica
- Odontología
- Otros: _____

3. ¿Conoce usted la diferencia entre los términos "residuo" y "basura"? *

- Sí
- No

4. Bajo el entendimiento de que según la Ley N° 8839 de Costa Rica un **residuo** se * define como: "material sólido, semisólido, líquido o gas, cuyo generador o poseedor debe o requiere deshacerse de él, y que puede o debe ser valorizado o tratado responsablemente o, en su defecto, ser manejado por sistemas de disposición final adecuados" a lo que comunmente se hace referencia como "basura",

¿ha recibido en algún momento de su vida una capacitación en el tema de manejo de **residuos sólidos**?

- Sí
- No

5. Si su respuesta a la pregunta 4 fue afirmativa ¿recibió esta capacitación en el * tema de manejo de residuos sólidos **por parte de la UCR**?

- Sí
- No
- Nunca he recibido una capacitación en este tema

6. Si su respuesta a la pregunta 5 fue negativa ¿bajo que contexto recibió esta capacitación en el tema de manejo de residuos sólidos? *

- Educación (escuela o colegio)
- Trabajo
- Comunidad (por parte de la municipalidad)
- Auto-aprendizaje (cursos en línea, redes sociales, etc.)
- Nunca he recibido una capacitación en este tema
- Mi respuesta a la pregunta 5 fue positiva
- Otros: _____

7. ¿Conoce usted las tres categorías en las cuales se clasifican los residuos según la Ley N° 8839? *

- Sí
- No
- Parcialmente

8. La Ley N° 8839 clasifica los residuos sólidos en: ordinarios, de manejo especial * y peligrosos.

Los **residuos sólidos ordinarios** son los que generamos con mayor frecuencia en nuestras actividades cotidianas, la Ley los define como aquellos "de carácter doméstico generados en viviendas y en cualquier otra fuente, que presentan composiciones similares a los de las viviendas."

Así mismo, los residuos ordinarios se pueden categorizar en **valorizables** (mejor conocidos como **reciclables**) y **no valorizables** (comunmente **basura**).

De acuerdo con lo anterior, ¿separa usted sus residuos valorizables, o en otras palabras, "recicla" usted en su hogar?

- Sí, siempre separo los residuos en mi hogar
- No, en mi hogar botamos todos los residuos juntos

9. Siguiendo la pregunta anterior, ¿separa usted los residuos que genera **en la universidad**? *

- Sí, los lavo, seco y coloco en los recipientes correspondientes
- Si, los separo, pero no los lavo ni seco antes de colocarlos en los recipientes
- No, todos los coloco en el mismo recipiente sin lavar

10. Según su percepción, ¿considera que en la universidad se cuenta con un modelo estandarizado para separar los residuos valorizables?

Por ejemplo, ¿en cada edificio se cuenta con los mismos tipos de recipientes y las mismas categorías de separación?

- Sí
- No

11. ¿Considera usted que conoce claramente como separar de manera correcta los residuos que genera en las instalaciones de la universidad?

- Sí, lo tengo claro
- No, no conozco como hacerlo
- Parcialmente, lo hago pero tengo dudas

12. Seleccione **todos** los tipos residuos que separa usted dentro de la universidad.

- Aluminio/Latón
- Plástico/Tetrapack
- Papel/Cartón
- Vidrio
- Orgánicos
- Otros: _____

13. ¿Cuál considera que es un medio efectivo para la comunicación sobre la gestión de residuos universitarios?

- Instagram
- Facebook
- Correo
- Volantes
- WhatsApp
- Otros: _____

14. Indique el grado de satisfacción con la calidad del servicio de recolección de residuos dentro de la universidad.

- Excelente
- Bueno
- Regular
- Deficiente

15. Si gusta, puede mencionar recomendaciones para la mejora del servicio de recolección y gestión de residuos dentro de la sede universitaria.

Tu respuesta _____

Enviar

Borrar formulario

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Google no creó ni aprobó este contenido. [Denunciar abuso](#) - [Condiciones del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios

APÉNDICE 2: HERRAMIENTA PARA RECOPIRAR Y PROCESAR LAS RESPUESTAS DE LA ENCUESTA “SONDEO DE GRADO DE CONOCIMIENTO EN SEPARACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS”

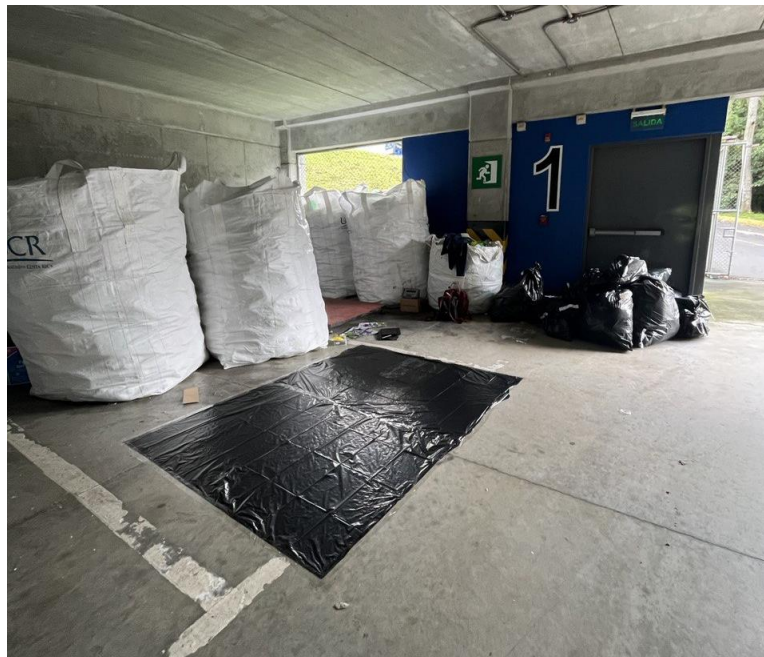
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
		Marca temporal	Dirección de correo electrónico	Unidad académica	Carrera	diferencia entre los términos "residuo"	de que según la Ley N° 8839 de Costa	pregunta 4 fue afirmativa ¿recibió	pregunta 5 fue negativa ¿bajo que	tres categorías en las cuales se clasificaron	clasifica los residuos sólidos en: ordinarios	anterior, ¿separó usted los residuos	¿un
1													
2	1	10/2/2023 18:13:16		Artes	Diseño Plástico con va	No	No	Nunca he recibido una	Nunca he recibido una	No	Sí, siempre separo los	No, todos los coloco en	No
3	2	10/2/2023 18:18:40		Artes	Música con énfasis en	No	No	Nunca he recibido una	Nunca he recibido una	Parcialmente	No, en mi hogar botami	Sí, los separo, pero no	No
4	3	10/2/2023 18:32:41		Artes	Historia del Arte	No	No	Nunca he recibido una	Nunca he recibido una	No	No, en mi hogar botami	Sí, los separo, pero no	No
5	4	10/7/2023 22:53:55	yannishinigami@gmail	Artes	Música con énfasis en	Sí	No	Nunca he recibido una	Nunca he recibido una	No	No, en mi hogar botami	No, todos los coloco en	No
6	5	10/12/2023 13:31:35	villalobosvirginia3@gm	Artes	Música con énfasis en	Sí	Sí	No	Educación (escuela o	Sí	Sí, siempre separo los	Sí, los separo, pero no	No
7	6	11/1/2023 11:39:27	leo-gutierrezh@hotmail	Artes	Diseño Gráfico	Sí	No	Nunca he recibido una	Nunca he recibido una	No	Sí, siempre separo los	No, todos los coloco en	No
8	7	11/1/2023 11:41:43	josuequiros890@gmail	Artes	Historia del Arte	Sí	No	Nunca he recibido una	Nunca he recibido una	No	Sí, siempre separo los	Sí, los separo, pero no	Sí
9	8	11/3/2023 15:37:50	chacommora.natalia@c	Artes	Diseño Gráfico	Sí	No	Nunca he recibido una	Nunca he recibido una	No	Sí, siempre separo los	Sí, los separo, pero no	Sí
10	9	11/7/2023 10:29:37	jimeqvc@gmail.com	Artes	Diseño Plástico con va	Sí	Sí	No	Comunidad (por parte	Parcialmente	Sí, siempre separo los	Sí, los separo, pero no	Sí
11	10	11/7/2023 10:29:54	glorysse04@gmail.com	Artes	Diseño Plástico con va	Sí	No	Nunca he recibido una	Nunca he recibido una	No	No, en mi hogar botami	Sí, los separo, pero no	Sí
12	11	11/8/2023 14:32:08	sofycastror@gmail.co	Artes	Música con énfasis en	Sí	No	Nunca he recibido una	Nunca he recibido una	No	Sí, siempre separo los	Sí, los separo, pero no	No
13	12	11/8/2023 14:58:27	karikuki09090hota@gm	Artes	Música con énfasis en	Sí	Sí	No	Educación (escuela o	Sí	Sí, siempre separo los	Sí, los lavo, seco y col	No
14	13	11/8/2023 15:24:53	dayanaeugeniagambot	Artes	Historia del Arte	Sí	No	Nunca he recibido una	Nunca he recibido una	No	Sí, siempre separo los	Sí, los separo, pero no	No
15	14	11/8/2023 15:25:15	malaucaastro@gmail.c	Artes	Historia del Arte	No	No	Nunca he recibido una	Nunca he recibido una	No	No, en mi hogar botami	Sí, los separo, pero no	No
16	15	11/8/2023 15:25:16	solanomongesaul@gm	Artes	Música con énfasis en	Sí	No	Nunca he recibido una	Nunca he recibido una	Parcialmente	Sí, siempre separo los	Sí, los separo, pero no	No
17	16	11/8/2023 15:25:50	marialaurazunigabarbo	Artes	Historia del Arte	No	No	Nunca he recibido una	Nunca he recibido una	No	Sí, siempre separo los	Sí, los separo, pero no	No
18	17	11/8/2023 15:25:52	aloreyes0206@gmail.c	Artes	Historia del Arte	No	No	Nunca he recibido una	Nunca he recibido una	No	No, en mi hogar botami	Sí, los separo, pero no	No
19	18	11/8/2023 15:26:14	valezuniga1@gmail.co	Artes	Historia del Arte	No	No	Nunca he recibido una	Nunca he recibido una	Parcialmente	Sí, siempre separo los	Sí, los separo, pero no	Sí
20	19	11/8/2023 15:26:15	antuquiroso@gmail.co	Artes	Historia del Arte	Sí	Sí	No	Auto-aprendizaje (curs	No	Sí, siempre separo los	Sí, los separo, pero no	No
21	20	11/8/2023 15:26:51	aliciaalan198@gmail.c	Artes	Diseño Plástico con va	Sí	No	Nunca he recibido una	Nunca he recibido una	Parcialmente	Sí, siempre separo los	Sí, los separo, pero no	Sí
22	21	11/8/2023 15:35:57	owenstfn@gmail.com	Artes	Música con énfasis en	Sí	No	Nunca he recibido una	Nunca he recibido una	No	Sí, siempre separo los	Sí, los separo, pero no	No
23	22	11/8/2023 16:20:56	luisalvaro28@gmail.co	Artes	Música con énfasis en	No	No	Nunca he recibido una	Nunca he recibido una	No	Sí, siempre separo los	Sí, los separo, pero no	No
24	23	11/8/2023 18:19:44	denzellb16@gmail.com	Artes	Música con énfasis en	Sí	Sí	No	Auto-aprendizaje (curs	No	Sí, siempre separo los	Sí, los separo, pero no	No
25	24	11/8/2023 19:40:48	hidalgocamachokatep@	Artes	Música con énfasis en	Sí	No	Nunca he recibido una	Nunca he recibido una	Sí	No, en mi hogar botami	Sí, los separo, pero no	No
26	25	11/8/2023 20:01:33	almisticart.cr@gmail.c	Artes	Diseño Gráfico	Sí	No	Nunca he recibido una	Nunca he recibido una	Parcialmente	No, en mi hogar botami	No, todos los coloco en	Sí
27	26	11/8/2023 21:44:09	aguaceleste512@gma	Artes	Diseño Gráfico	Sí	No	Nunca he recibido una	Nunca he recibido una	Parcialmente	Sí, siempre separo los	Sí, los separo, pero no	No
28	27	11/9/2023 0:22:20	jessika.linge@gmail.co	Artes	Diseño Plástico con va	Sí	Sí	No	Educación (escuela o	Parcialmente	Sí, siempre separo los	Sí, los separo, pero no	No
29	28	11/9/2023 9:02:40	stefrojasbarrios@gma	Artes	Diseño Plástico con va	Sí	No	Nunca he recibido una	Nunca he recibido una	No	No, en mi hogar botami	Sí, los lavo, seco y col	No
30	29	11/9/2023 9:04:10	val.morarivera@gmail	Artes	Diseño Plástico con va	Sí	No	Nunca he recibido una	Nunca he recibido una	No	Sí, siempre separo los	Sí, los separo, pero no	Sí

APÉNDICE 3: EVIDENCIAS DEL ESTUDIO DE GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN DE RESIDUOS

Rotulación y separación de las muestras en cada CT de finca 1.



Espacio para cuarteos y separación del estudio de composición de residuos.

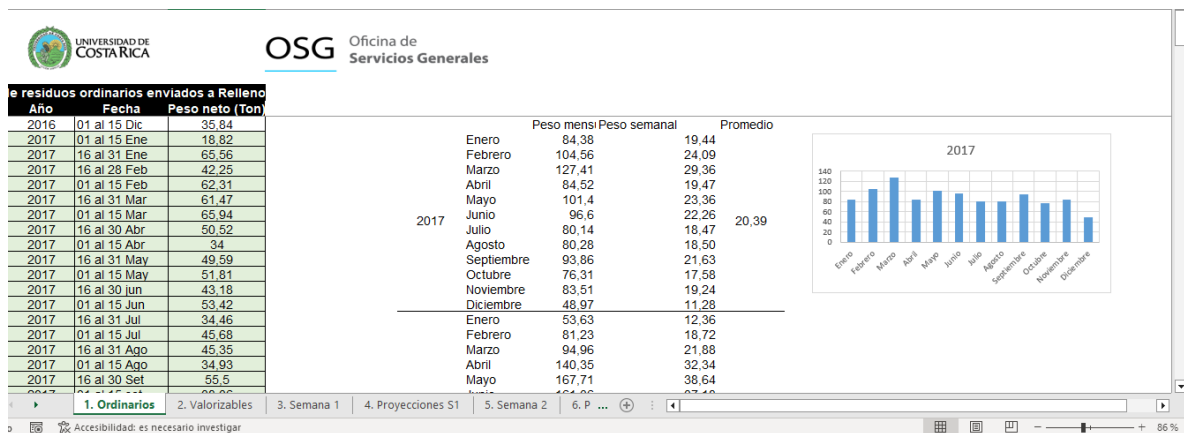


APÉNDICE 4: HERRAMIENTA DE MICROSOFT EXCEL PARA RECOPIRAR Y PROCESAR LA INFORMACIÓN DEL ESTUDIO DE GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN DE RESIDUOS

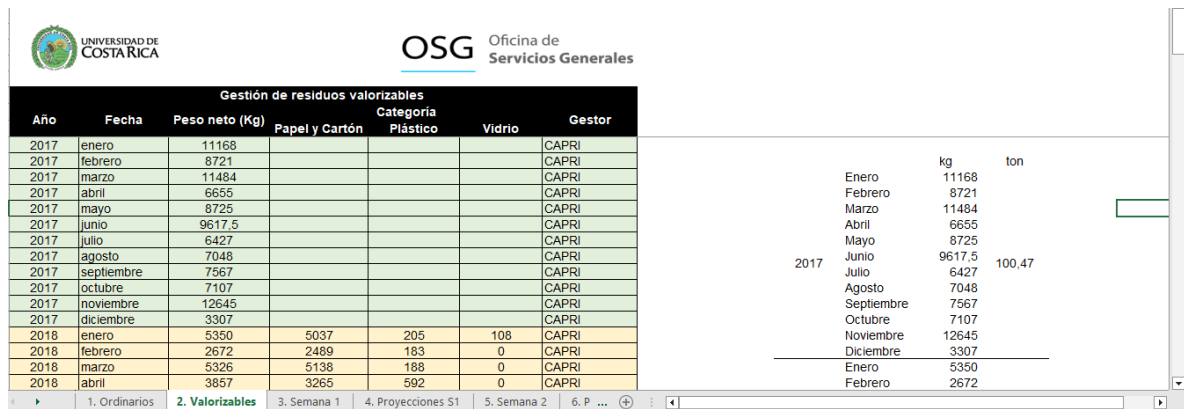
La herramienta consta de una hoja de cálculo de Microsoft Excel donde se puede encontrar lo siguiente:

1. Ordinarios	2. Valorizables	3. Semana 1	4. Proyecciones S1	5. Semana 2	6. Proyecciones S2	7. Resumen de resultados
---------------	-----------------	-------------	--------------------	-------------	--------------------	--------------------------

1. Registros históricos de pesos de residuos sólidos no valorizables llevados a relleno sanitario desde el año 2017



2. Registros históricos de pesos de residuos sólidos valorizables llevados a el centro de acopio Capri desde el año 2017



3. Datos recopilados la primera semana del estudio

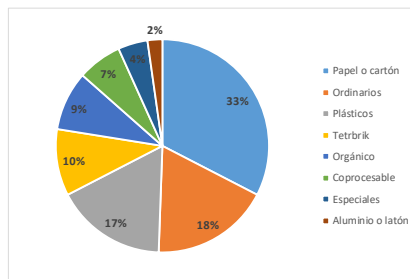
Fecha de inicio: 4 setiembre 2023
 Fecha de finalización: 8 setiembre 2023

Recolección de bolsas en la fuente (Centros de Tranferencia)

Aspecto	4 set	5 set	6 set	7 set	8 set	9 set (día de estudio)	
Cantidad de bolsas recogidas	28	28	14	14	14	98	335,46
Cantidad de cuarteos efectuados	1	2	2	2	2	0	
Bolsas después de cuarteos	4	4	2	2	2	13	

Bolsas	Peso inicial (kg)
1	3,5
2	2
3	2,5
4	4,5
5	3,5
6	3
7	5
8	4,5
9	5
10	3,5
11	3
12	2,5
13	2
Total	44,5

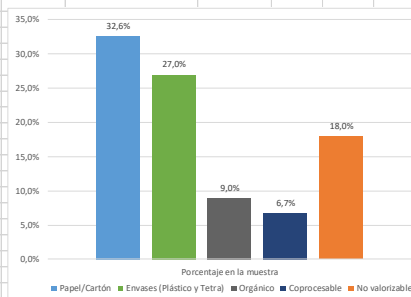
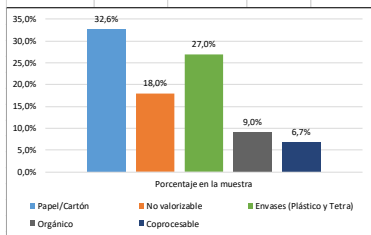
Bolsas	Cantidad de bolsas	Peso final	Porcentaje por tipo de residuo
Papel o cartón	2	14,5	33%
Ordinarios	2	8	18%
Plásticos	2,5	7,5	17%
Tetrabrik	1	4,5	10%
Orgánico	0,3	4	9%
Coprocesable	1	3	7%
Especiales	0,2	2	4%
Aluminio o latón	0,5	1	2%
Total	5	44,5	100%



Peso promedio por bolsa: 3,423076923
 Peso muestra inicial: 335,4615385
 Peso semanal: 8271,169355
 Muestra: 4%

4. Proyecciones de acuerdo con los resultados de la primera semana

Cuadro 1. Generación total de residuos por finca			Cuadro 2. Clasificación por tipo de residuos			Cuadro 3. Representación de residuos considerando todos los edificios					
Total (ton/semana)	Porcentaje de contribución	ton/año	Generación	Peso semana (kg)	Porcentaje en la muestra	Generación	Porcentaje en la muestra	Peso (kg) semanal	Peso (kg) mensual	Peso (kg) anual	
Finca 1	0	0,0%	860	Papel/Cartón	14,5	32,6%	Papel/Cartón	32,6%	5,39	23,39	280,72
Finca 2	0	0,0%		Envases (Plástico y Tetra)	12	27,0%	Envases (Plástico y Tetra)	27,0%	4,46	19,36	232,32
Finca 3	0	0,0%		No valorizable	8	18,0%	No valorizable	18,0%	2,97	12,91	154,88
Total	16,54	0,0%		Orgánico	4	9,0%	Orgánico	9,0%	1,49	6,45	77,44
*Los valores corresponden a una semana				Coprocesable	3	6,7%	Coprocesable	6,7%	1,12	4,84	58,08
				Especiales	2	4,5%	Especiales	4,5%	0,74	3,23	38,72
				Aluminio	1	2,2%	Aluminio	2,2%	0,37	1,61	19,36
				TOTAL	44,5	87%	TOTAL	100%	15,43	66,95	803,44



5. Datos recopilados la segunda semana del estudio

LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES	
DESCRIPCIÓN	Peso (Kg)	DESCRIPCIÓN	Peso (Kg)	DESCRIPCIÓN	Peso (Kg)	DESCRIPCIÓN	Peso (Kg)	DESCRIPCIÓN	Peso (Kg)
Edificio Aulas	2	Derecho	5	Derecho	8,5	Derecho	3	Edificio Aulas	1
Parqueo Ciencias Económicas	4	Edificio Aulas	5	Edificio Aulas	4	Edificio Aulas	2,5	Parqueo Ciencias Eco	3,5
Parqueo OEPI	4,5	Parqueo Ciencias Eco	2,5	Parqueo Ciencias Eco	10	Parqueo Ciencias Eco	3,5	Parqueo OEPI	3,5
Contraloría Universitaria	1,5	Parqueo OEPI	5	Parqueo OEPI	2,5	Parqueo OEPI	5	Contraloría Universitaria	2,5
Confucio	4	Contraloría Universitaria	4	Contraloría Universitaria	2	Contraloría Universitaria	4,5	Confucio	5
Parqueo Generales	3,5	Confucio	3,5	Confucio	9,5	Confucio	5	Parqueo Generales	4,5
Antiguo Odontología	3,5	Parqueo Generales	11	Parqueo Generales	8,5	Parqueo Generales	3	Antiguo Odontología	10
Letras	5	Antiguo Odontología	3	Antiguo Odontología	1,5	Antiguo Odontología	2,5	Letras	3,5
Farmacia	2,5	Farmacia	7,5	Farmacia	11	Farmacia	2	Farmacia	1
Microbiología	7	Comedor Estudiantil	1	Educación	5	Microbiología	7	Microbiología	6
Comedor Estudiantil	2,5	Letras	7	Comedor Estudiantil	2,5	Comedor Estudiantil	1	Comedor Estudiantil	5,5
Educación	3	Microbiología	3,5	Letras	6,5	Letras	5,5	Educación	4,5
Residencias Estudiantiles	2	Educación	5,5	Farmacia	8	Educación	4	Residencias Estudiantiles	5
Derecho	2	Residencias Estudiantiles	5,5	Residencias Estudiantiles	5,5	Residencias Estudiantiles	4,5	Derecho	4,5
	47		69		85		53		60

314

Desviación estándar 0,5
 Tamaño de población (N) 21917
 Valor de distribución normal para un 95% (Z) 1,96
 Límite del error muestral € 0,05
 Muestra Requerida (n) 378

CT	DESCRIPCIÓN	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	PESO TOTAL POR CT (kg)
1	Derecho	2,5	5	8,5	3	4	23
2	Edificio Aulas	2,5	5	4,5	3,5	4,5	20
3	Parqueo Ciencias Económicas	4	2,5	10	3,5	3,5	23,5
4	Parqueo OEPI	4,5	5	2,5	5	3	20
5	Contraloría Universitaria	3,5	4	2	5	5,5	20
6	Confucio	4	3,5	9,5	6	4,5	27,5
7	Parqueo Generales	3,5	11	8,5	3	10	36
8	Odontología	4	3	3	4,5	4	18,5
9	Farmacia	2,5	7,5	8	2	5,5	25,5
10	Microbiología	7	3,5	11	7	4,5	33
11	Educación	2,5	5,5	5	4	5	22
12	Comedor Estudiantil	2,5	1	2,5	2,5	2	10,5
13	Letras	5,5	7	6,5	5,5	6	30,5
14	Antiguo Residencias Estudiantiles	4	5,5	5,5	4,5	4,5	24
		52,5	69	87	59	66,5	334

24

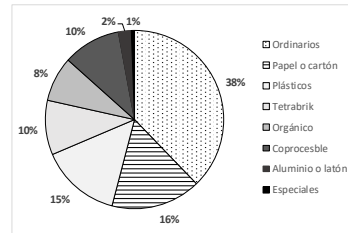
Bolsas cuarteadas

1	4,5
2	4,5
3	5,5
4	5
5	8
6	8,5
7	5,5
8	5,5
9	5
10	7,5
11	8
12	4,5
13	5
14	4,5
15	4
	85,5

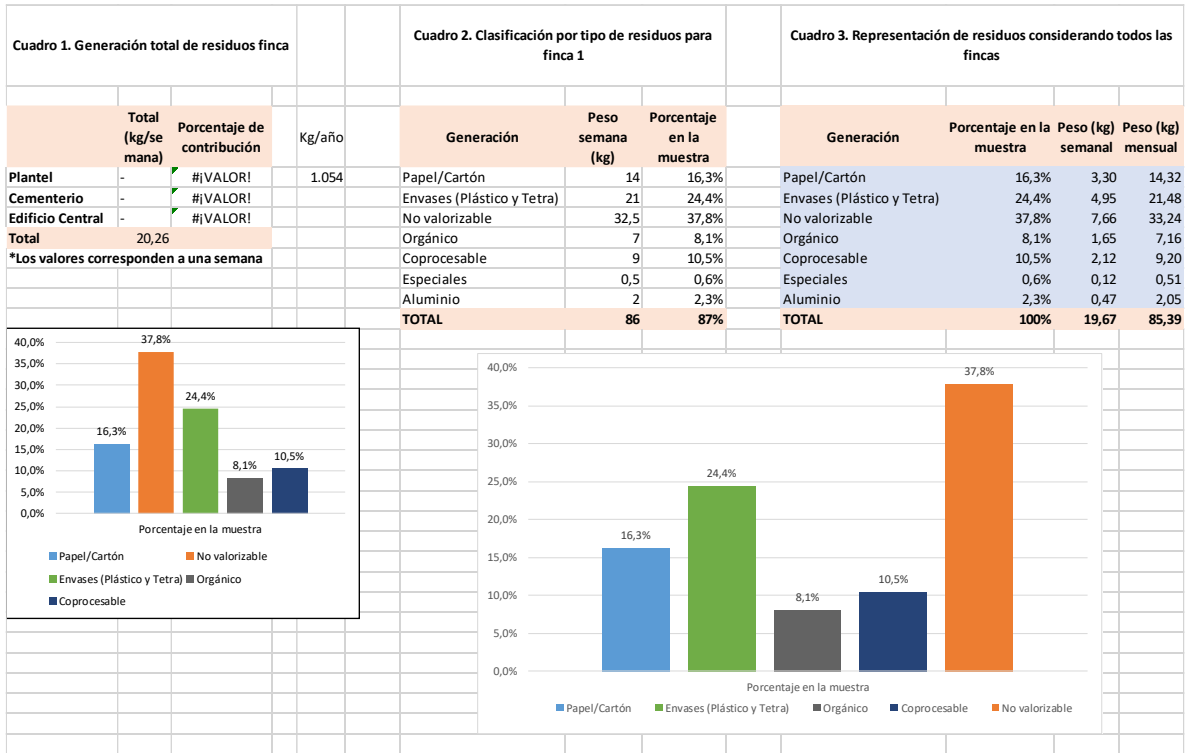
5,7

Categoría	Cantidad de	Peso final
Ordinarios	2	32,5
Papel o cartón	2	14
Plásticos	2,5	12,5
Tetabrik	1	8,5
Orgánico	0,3	7
Coprocesable	1	9
Aluminio o latón	0,5	2
Especiales	0,2	0,5
Total	9,5	86

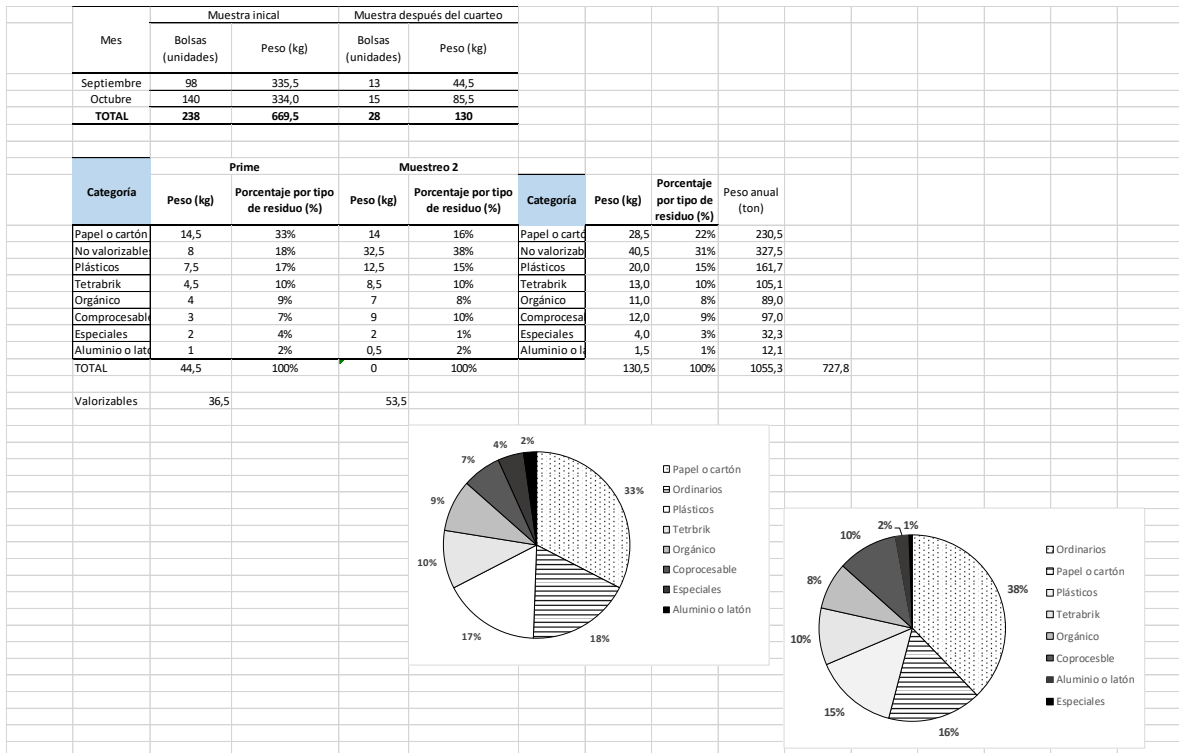
38%
16%
15%
10%
8%
10%
2%
1%



6. Proyecciones de acuerdo con los resultados de la segunda semana.



7. Resumen de resultados incluyendo los resultados de ambas semanas.



APÉNDICE 5: INSTRUCTIVO PARA EL ESTUDIO DE GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN DE RESIDUOS FINCA 1, UCR

Estudio de generación y composición de residuos sólidos ordinarios.

1. Colocarse el equipo de seguridad previo al inicio del estudio (gabacha, guantes, lentes de seguridad). Además se recomienda utilizar ropa que tape el cuerpo (pantalón y camisa de manga larga), así como zapatos cerrados.
2. Ubicarse sobre el espacio que se les indique donde realizará la clasificación de los residuos por tipo. Se trabajará sobre el plástico negro que demarca este espacio en todo momento.



3. Se le entregará una bolsa que contiene diferentes tipos de residuos sólidos ordinarios mezclados. Debe medir en la balanza el peso inicial de la bolsa y anotar el dato en el Excel que estará a disposición.
4. Se abrirá la bolsa y se clasificarán los residuos que contenga en las siguientes categorías. Si tiene dudas sobre el tipo de residuo de algún material, consulte antes de clasificarlo.
 - Plásticos
 - Aluminio o latón
 - Papel o cartón
 - Tetrabrik
 - Orgánico
 - Comprocesable
 - Especiales
 - Otros
5. Se pesarán las bolsas con los residuos clasificados y se anotará estos pesos en el Excel que estará a disposición.
6. Con las bolsas ya cerradas se procede a realizar una recolección general de todo el material y disponerlo en el espacio destinado para este fin.
7. Recoger el plástico negro del área de trabajo y realizar una limpieza general del piso debajo de este.
8. Realizar una limpieza personal (lavado de manos, cara, cambio de ropa, etc).

APÉNDICE 6: ENCUESTA “REGISTRO DE USO DE CENTROS DE TRANSFERENCIA EN RODRIGO FACIO”



OSG Oficina de
Servicios Generales

Registro de Centros de Transferencia Rodrigo Facio UCR

La presente encuesta tiene como objetivo generar un registro sobre los centros de transferencia que son utilizados por las diferentes escuelas y oficinas con el fin de depositar los residuos sólidos ordinarios ("basura") que generan.

Los datos recopilados en este formulario, además de generar un registro de la información, servirán como apoyo a un trabajo final de graduación que busca generar una

estrategia para la optimización de la generación y separación de residuos en la sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica.

En caso de **dudas**, por favor diríjelas al correo: solcarpio@estudiantec.cr **antes** de contestar el formulario.

¡Gracias por su colaboración!

1. ¿A cuál unidad administrativa y académica pertenece? En caso de no encontrar * la suya entre las opciones dadas, por favor agregarla en "Otros: "

- Artes
- Ciencias Agroalimentarias
- Ciencias Básicas
- Ciencias de la Salud
- Ciencias Económicas
- Ciencias Sociales
- Educación
- Ingeniería y Arquitectura
- Letras
- Otros: _____

2. Indicar el nombre del edificio en el cual labora. En caso de no encontrarlo entre * las opciones dadas, por favor agregarlo en "Otros: "

- Administrativo B
- Administrativo C
- Agroalimentarias
- Arquitectura
- Artes
- Artes musicales
- Aulas
- Biblioteca Carlos Monge
- Biblioteca Ciencias Agroalimentarias
- Biblioteca Ciencias de la Salud
- Biblioteca Demetrio Tinoco
- Bienestar y Salud
- Biología
- Canal 15
- Casa de Idiomas
- Centro de Electroquímica y Energía Química (CELEQ)

- Centro de Informática
- Centro de Investigaciones en Tecnologías de la Información y Comunicación (CITIC)
- Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI)
- Centro de Investigación de Contaminación Ambiental (CICA)
- Centro de Investigación de Granos y Semillas

- Centro de Investigación de Granos y Semillas
- Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (CIBCM)
- Centro de Investigación en Ciencias Atómicas Nucleares y Moleculares (CICANUM)
- Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR)
- Centro de Investigación en Ciencias del Movimiento Humano (CIMOHU)
- Centro de Investigación en Ciencias e Ingeniería de Materiales (CICIMA)
- Centro de Investigación en Cirugía y Cáncer (CICICA)
- Centro de Investigación en Comunicación (CICOM)
- Centro de Investigación en Estructura Microscópica (CIEMIC)
- Centro de Investigación en Estudios de la Mujer (CIEM)
- Centro de Investigación en Matemática Pura y Aplicada (CIMPA)
- Centro Infantil Laboratorio (CIL)
- Ciencias
- Ciencias de Investigación en Nutrición Animal (CINA)

- Ciencias de la Computación
- Ciencias Económicas
- Ciencias Sociales
- Comedor Estudiantil
- Complejo Pacheco Domínguez
- Contraloría Universitaria
- Derecho
- Edificio Saprissa
- Educación

- Educación Continua
 - Educación de Preescolar
 - Escuela de Bibliotecología
 - Escuela de Educación Física
 - Escuela de Enfermería
 - Escuela de Ingeniería Eléctrica
 - Escuela de Nutrición
 - Escuela de Salud Pública
 - Escuela Zootecnia
-
- Estudios Generales
 - Facultad de Ingeniería
 - Facultad de Odontología
 - Farmacia
 - Federación Estudiantil Universitaria
 - Física Matemática
 - FUNDEVI
 - Geología
 - Instituto Confucio
 - Instituto de Investigaciones Agrícolas
 - Instituto de Investigaciones del Arte
 - Instituto de Investigaciones Farmacéuticas
 - Instituto de Investigaciones Sociales
 - Instituto de Investigación en Educación
 - Instituto de Investigación en Salud

- Laboratorio de Ensayos Biológicos
- Laboratorio de Poscosecha
- Lanname

- Letras
- Medicina
- Microbiología
- Museo de Insectos
- Oficina de Orientación
- Oficina Ejecutora del Programa de Inversiones
- Posgrado de Odontología
- Química
- Radio U
- Residencias Estudiantiles
- Residencias Universitarias (REU)
- Semanario Universidad
- Sistema de Estudios de Posgrado (SEP)
- Tecnología de Alimentos
- Tecnologías en Salud
- Otros: _____

3. Si su lugar de trabajo se encuentra en **FINCA 1**, tomando como referencia la numeración establecida en la imagen, así como la siguiente lista, indique el número del centro de transferencia en el cual su unidad deposita los residuos ("basura") que generan.

En caso de depositar sus residuos en otro lugar por favor especificar la ubicación con señas en la opción "Otros: "

1. Contraloría Universitaria
2. Parqueo frente a OEPI
3. Parqueo generales
4. Residencias Universitarias
5. Educación
6. Microbiología/Música
7. Medicina
8. Letras
9. Antiguo Odontología
10. Comedor Estudiantil
11. Edificio de Aulas
12. Parqueo Antigua Facultad de Ingeniería
13. Derecho



- 1
- 2
- 3

4. Si su lugar de trabajo se encuentra en **FINCA 2**, tomando como referencia la numeración establecida en la imagen, así como la siguiente lista, indique el número del centro de transferencia en el cual su unidad deposita los residuos ("basura") que generan.

En caso de depositar sus residuos en otro lugar por favor especificar la ubicación con señas en la opción "Otros: "

1. Residencias Universitarias
2. Aulas y Laboratorios
3. Post Cosecha
4. Nutrición
5. INISA
6. CIMAR
7. Facultad de Ingeniería
8. Educación continua
9. Laboratorios de Ingeniería
10. Ciencias sociales



- 1
- 2
- 3
- 4

5. ¿Estarían dispuestos en su edificio a sacar sus residuos ("basura") en un horario establecido ciertos días a la semana? *

Si

No

Otros: _____

6. ¿Cuántos días a la semana llevan desde su edificio los residuos que generan al centro de transferencia?

1

2

3

4

5

7. ¿Cuántas bolsas de residuos sacan cada vez?

1 sin llenar

1

2

3

4

5 o más

8. Indique la hora en la que suelen sacar los residuos generados en su edificio al centro de transferencia correspondiente.

Tu respuesta _____

9. Si cuenta con algún comentario adicional, puede colocarlo en el siguiente espacio. (por ejemplo, si ya sacan sus residuos en días establecidos o cualquier otra idea)

Tu respuesta _____

APÉNDICE 7: PREGUNTAS COMPLEMENTARIAS DE LA ENCUESTA “SONDEO DE CONOCIMIENTO EN SEPARACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS”

Pregunta 1. ¿A cuál unidad académica pertenece? En caso de no encontrar la suya entre las opciones dadas, por favor agregarla en "Otros: "

Esta primera pregunta se planteó para recopilar información sobre la unidad académica a la que pertenecía cada persona que llenó la encuesta. Durante el periodo de aplicación del formulario fue de gran utilidad para observar si existía una carencia de respuestas de una unidad en específico y definir espacios estratégicos de la universidad para asistir y aplicar la encuesta. Las 504 respuestas totales recopiladas se clasifican de acuerdo con la figura X.

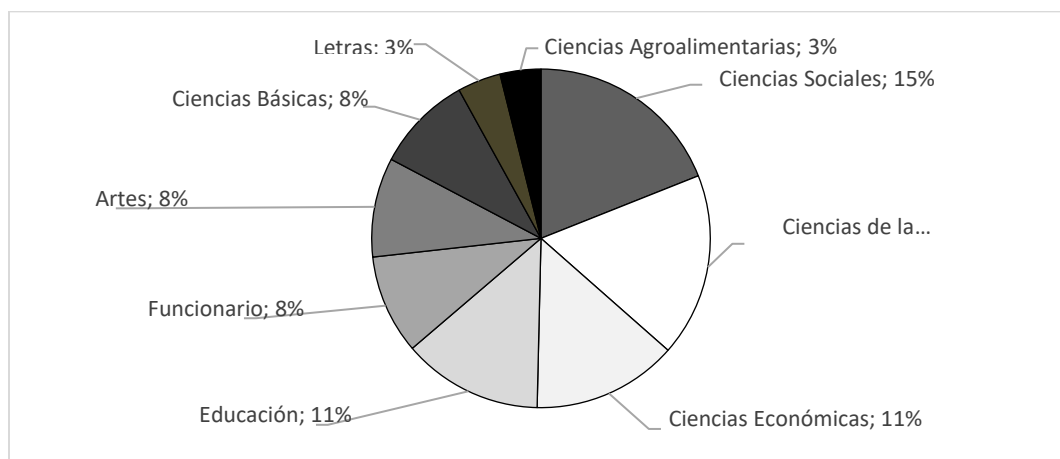


Figura apéndice 1. Porcentajes de respuestas a la encuesta por unidad académica.

Pregunta 3. ¿Conoce usted la diferencia entre los términos “residuo” y “basura”?

La pregunta 3 se plantea con el fin de introducir a la persona que está siendo encuestada en el tema de manejo de residuos. Además, también da indicios sobre la capacitación que han recibido las personas en la gestión de residuos.

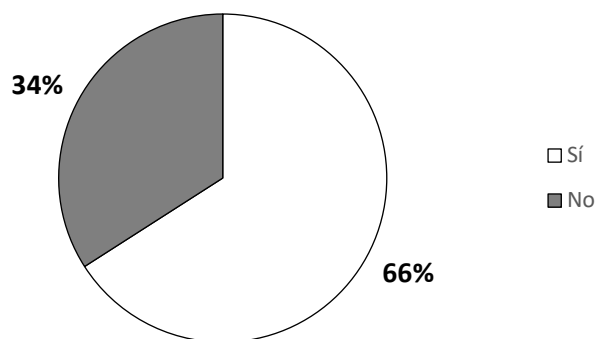


Figura apéndice 2. Respuestas a la pregunta 3 del cuestionario.

Pregunta 6. Si su respuesta a la pregunta 5 fue negativa ¿bajo qué contexto recibió esta capacitación en el tema de manejo de residuos sólidos?

Fue posible determina que muchos de los estudiantes que si poseían un nivel de capacitación previa en el manejo de residuos, habían recibido esta por parte de educación escolar, colegial o de alguna otra universidad, así como también por trabajo, autoaprendizaje o por parte de la comunidad.

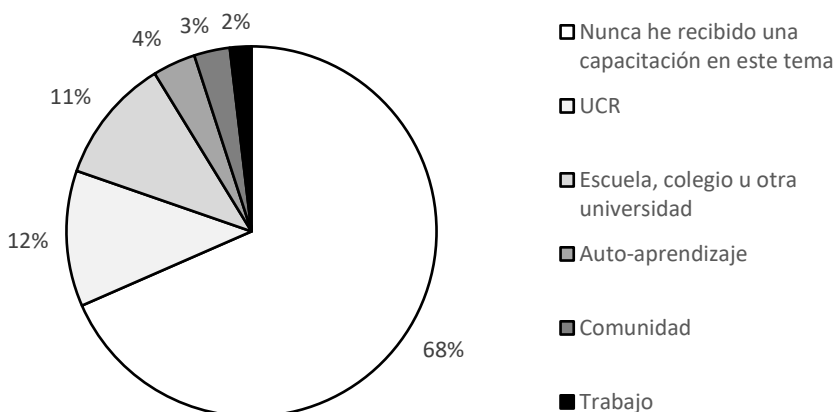


Figura apéndice 3. Fuentes alternas de capacitación en manejo de residuos sólidos.

Pregunta 7. ¿Conoce usted las tres categorías en las cuales se clasifican los residuos según la Ley No 8839?

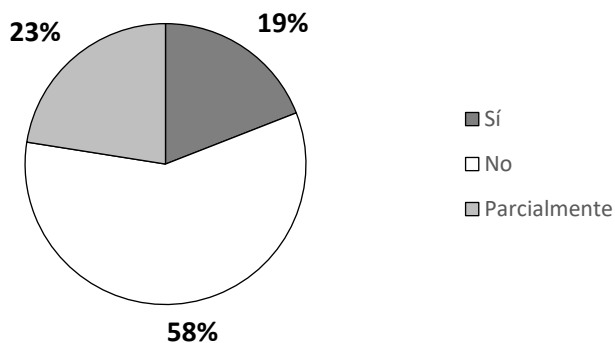


Figura apéndice 4. Resultados de la pregunta 7 de la encuesta.

Pregunta 12. Seleccione todos los tipos residuos que separa usted dentro de la universidad.

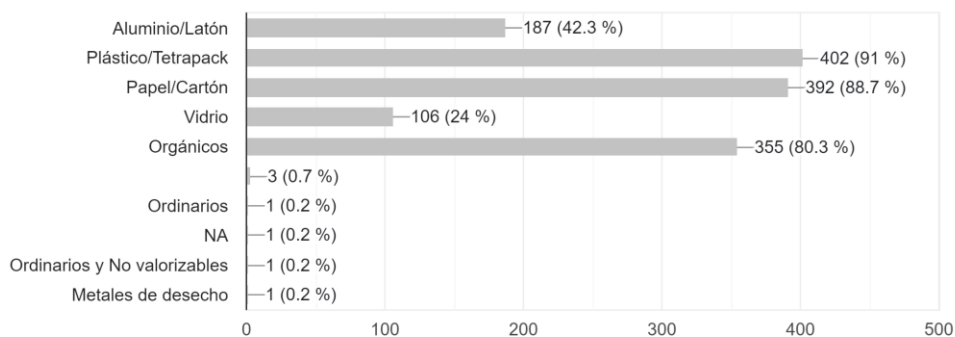


Figura apéndice 5. Resultados de la pregunta 12 de la encuesta

Pregunta 13. ¿Cuál considera que es un medio efectivo para la comunicación sobre la gestión de residuos universitarios?

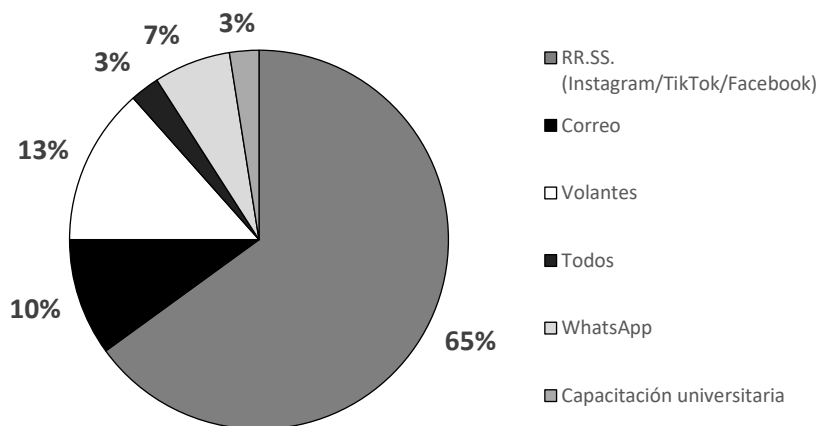


Figura apéndice 6. Resultados de la pregunta 13 de la encuesta.

APÉNDICE 8: DATOS INGRESADOS A LA HERRAMIENTA SWEET PARA EL CÁLCULO DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

Leyenda	
Entrada Requerida	
Valor Calculado	
Valor Predeterminado	

Información general

General	Estimación	Notas
Ciudad	San José	
País	Costa Rica	
Región Global	Centroamérica	
Población en zonas formales de recolección	42.605	
Población fuera de las zonas formales de recolección	0	
Año corriente	2022	

Clima	Estimación	Notas
Precipitación media anual (mm/año)	2.315	
Temperatura media anual (°C)	21,9	

Tasas de Recolección y Generación de Residuos	Estimación	Notas
Tasa de generación de residuos per cápita dentro de las zonas formales de recolección (kg/hab/día)	0,15	
Tasa de generación de residuos per cápita fuera de las zonas formales de recolección (kg/hab/día)	0%	
Tasa media anual % de crecimiento en la cantidad de residuos recogidos - histórico	11%	
Tasa media anual % de crecimiento en la cantidad de residuos recogidos - futuro proyectado	10%	
Porcentaje de residuos generados dentro de las zonas formales de recolección que se recogen	99%	
Porcentaje de residuos generados fuera de las zonas formales de recolección que se recogen	1%	
Total de residuos recogidos anualmente dentro de las zonas formales de recolección (toneladas métricas)	2.337	Calculado en base a la tasa de recolección de residuos
Total de residuos generados anualmente dentro de las zonas formales de recolección (toneladas métricas)	2.361	Calculado en base a la tasa de recolección de residuos

Restablecer la tasa de generación de residuos per cápita

Notas:
Si ingresa un valor distinto de cero para "Tasa de generación de desechos per cápita fuera de las zonas de recolección formal (C17), asegúrese de que también haya una entrada mayor que cero para la población fuera de las zonas de recolección formal en la fila 8 anterior (C8).

Se puede sustituir la tasa de generación de residuos per cápita predeterminada con un valor específico del municipio. Puede restablecer la fórmula de búsqueda con el botón Restablecer tasa de generación de residuos per cápita.

Composición Media de los Residuos Recogidos	Porcentaje	Toneladas métricas	Notas
Residuos de comida	4,00%	93	
Residuos verdes	4,00%	93	
Madera	0,30%	7	
Papel/cartón	22,00%	514	
Textiles	0,00%	0	
Plásticos	15,00%	351	
Metales	1,00%	23	
Vidrios	0,00%	0	
Neumáticos	0,00%	0	
Otros	53,00%	1.239	
Total	99,30%	2.321	
¿La composición de los residuos es igual al 100%?			

Flujo de Residuos - Línea Base		Línea Base de Desviación de Residuos				
Resultado de los Residuos Desviados de Rellenos Sanitarios/Vertederos		Compostaje	Digestión Anaerobia	Incineración de residuos	Reciclaje	Fuentes & Notas
Año de inicio del escenario de desviación		2026	2023	2023	2026	
Toneladas métricas de residuos entregados a la instalación de desvío por año		93	0	0	888	
% del total de residuos recogidos entregados a la instalación		2,7%	0,0%	0,0%	26,0%	
% del total de residuos recogidos desviados del relleno sanitario o vertedero (después de contabilizados los materiales desviados/rechazados de la instalación)		2,4%	0,0%	0,0%	21,2%	
Tasa de rechazo para materiales de incineración				10%		
Composición de los residuos objeto de la desviación						
	Residuos de comida	100%		0%		
	Residuos verdes			0%		
	Madera			0%		
	Papel/cartón			0%	58%	
	Textiles	-	-	0%		
	Plásticos	-	-	0%	40%	
	Metales	-	-	0%	2%	
	Vidrios	-	-	0%		
	Neumáticos	-	-	0%		
	Otros	-	-	0%		
	Total (debería sumar al 100%)	100%	0%	0%	100%	
Instrucciones: Seleccione "Sí" para cada escenario alternativo que desee incluir en el análisis. Si selecciona "No" para cada escenario alternativo, la herramienta solo ejecutará un análisis de línea base.						
Selección del Escenario Alternativo		Escenario Alternativo 1	Escenario Alternativo 2	Escenario Alternativo 3	Escenario Alternativo 4	
(select one)		Yes	No	No	No	
Alternative Scenario Start Year						
Instrucciones: Complete los detalles de todos los escenarios alternativos en las celdas AZULES. Si se desconoce una entrada, el usuario debe ingresar cero o dejar la celda en blanco anterior.						
Flujo de Residuos - Escenarios Alternativos		Escenario Alternativo 1				
Nombre del Escenario		Sin cambios				
Descripción del Escenario		No se valorizan los residuos de papel, cartón, plástico, metales				
Resultado de los Residuos Desviados de Rellenos Sanitarios/Vertederos		Compostaje	Digestión Anaerobia	Incineración de residuos	Reciclaje	
Año de inicio del escenario de desviación		2023	2023	2023	2023	
Toneladas métricas adicionales de residuos entregados a la instalación por año, en comparación con la línea de base (fila 54)		0	0	0	0	
Toneladas métricas de residuos desviados en el Programa de						

Recolección y Transporte

Número de Camiones en Operación	Línea base	Sin cambios
	Camiones de Servicio Pesado	
Número de camiones de servicio pesado a diesel en operación cada año	2	2
Número de camiones de servicio pesado a gasolina en operación cada año	0	0
Número de camiones de servicio pesado a gas natural en operación cada año	0	0
Camiones de Servicio Ligero		
Número de camiones de servicio ligero a diesel en operación cada año	0	0
Número de camiones de servicio ligero a gasolina en operación cada año	0	0
Número de camiones de servicio ligero a gas natural en operación cada año	0	0

Rellenos sanitarios y vertedero

¿Cuántos rellenos sanitarios y vertederos le gustaría analizar?						
1						
Información Detallada de los Sitios de Disposición						
	Business-As-Usual		Escenarios Alternativos			
	Sin cambios		Sin cambios		Sin cambios	
Relleno sanitario/Vertedero #1 (Por favor ingrese su información más antigua (año))						
Nombre	EBI el Huazo PTA Aczarri		EBI el Huazo PTA Aczarri		EBI el Huazo PTA Aczarri	
Año de apertura del sitio	2007		2007			
Año de cierre del sitio (actual o proyectado)	2032		2032			
Disposición anual: datos o estimaciones del año más reciente (toneladas métricas)	1.455		1.455		1.455	1.455
¿Es Relleno Sanitario o Vertedero?	Controlled Dumpsite		Controlled Dumpsite			
¿Año de la actualización del vertedero a vertedero controlado, o de vertedero controlado a relleno sanitario?						
Profundidad promedio de residuos (m)	1		1		1	1
¿Hay extracción activa de gas y quema o sistema de utilización existente o planificado?	Yes		Yes			
¿Cuál es el año de puesta en marcha de la extracción activa de gas y quema o sistema de utilización?	2021		2022			
¿Hay un proyecto de gas a energía de calidad de red de gas natural existente o planificado? (solo rellenos sanitarios)	No		No			

Quema de residuos

Open Burning Rates (I)	Línea Base		Escenarios Alternativos			
	Sin cambios		Sin cambios		Sin cambios	
Línea Base o Año de inicio del escenario alternativo	2022		2022			
Porcentaje de residuos no recolectados que se queman al aire libre por residentes que viven en áreas <u>no</u> incorporadas/rurales	0%		0%		0%	0%
Porcentaje de residuos no recolectados que se queman al aire libre por residentes que viven en áreas <u>incorporadas</u> /urbanas	0%		0%		0%	0%
Porcentaje de residuos depositados en rellenos sanitarios o vertederos que finalmente se queman en el relleno sanitario o vertedero	0%		0%		0%	0%
Porcentaje del total de residuos recolectados que finalmente se quema en rellenos sanitarios/vertederos	0%		0%		#N/D	#N/D
Open Burning Rates (II)						
	Línea Base		Escenarios Alternativos			
	Sin cambios		Sin cambios		Sin cambios	
¿Desea modelar un cambio en las tasas de quema a cielo abierto en uno o varios de los escenarios identificados anteriormente (por ejemplo, una reducción gradual en las tasas de quema a cielo abierto)?			No		No	No
Línea Base o Año de inicio del escenario alternativo	2022					

Equipos de manejo de residuos

Cantidad de Piezas de Equipo				
	Línea Base		Escenarios Alternativos	
	Sin cambios		Sin cambios	
Equipos a Diesel				
Excavadoras	0		0	
Niveladoras	0		0	
Carretillas elevadoras	0		0	
Cargadores	0		0	
Empujatierra (buldozer)	0		0	
Tractores/Retroexcavadoras	0		0	
Otros	0		0	
Equipos a Gasolina				
Excavadoras	0		0	
Carretillas elevadoras	0		0	
Cargadores	0		0	
Tractores/Retroexcavadoras	0		0	
Otros	0		0	

ANEXOS

ANEXO 1: MAPAS DETALLADOS DE ZONIFICACIÓN POR SUBCATEGORÍAS PARA LAS 3 FINCAS DE LA SEDE UNIVERSITARIA

