

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

“Mejoramiento de la gestión de los residuos sólidos ordinarios en la zona residencial del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), mediante la aplicación de economía del comportamiento y propuesta para el manejo de los residuos biodegradables”

Valeria Zumbado Escalante

CARTAGO, agosto, 2021

TEC | Tecnológico de Costa Rica
Ingeniería Ambiental

“Mejoramiento de la gestión de los residuos sólidos ordinarios en la zona residencial del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), mediante la aplicación de economía del comportamiento y propuesta para el manejo de los residuos biodegradables”

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. Andrea Acuña Piedra
Directora

Ing. Marianela Rojas Quirós
Lector 1

Dr. Juan Carlos Méndez
Lector 2

MSc. Mary Luz Barrios Hernández
Coordinadora COTRAFIG

MGLA. Ricardo Coy Herrera
Director Escuela de Química

MSc. Ana Lorena Arias Zúñiga
Coordinadora Carrera de Ingeniería Ambiental

DEDICATORIA

A mi abuelita, porque siempre seguirá presente en mi corazón y me encantaría que
estuviese aquí para celebrar esta gran felicidad.

A mi familia, por todo el apoyo que me han dado durante estos años.

"Happiness is only real when shared. "

- Christopher McCandless.

AGRADECIMIENTOS

A mi profesora tutora Andrea Acuña por todo el apoyo y compromiso, una gran profesional que le pone mucho amor a todas las cosas que hace y definitivamente es todo un ejemplo a seguir.

A todo el personal del CATIE que fue parte y me ayudó en la realización de este proyecto, especialmente al señor Juan Carlos Méndez, el señor Juan Carlos Ramírez y el señor Arnaldo Obregón, que fueron piezas fundamentales y que me brindaron apoyo en todo momento. También un especial agradecimiento al señor William Cordero, por su disposición y trabajo que fue indispensable para la realización de este proyecto.

A la profesora Marianela Rojas por brindarme su apoyo y tiempo en la revisión de este proyecto.

A mis padres que siempre me han apoyado, ayudado y han sido un ejemplo a seguir para mí.
A Marcela por siempre darme de su cariño y ser un ejemplo de fortaleza.

A mis amigos de la carrera y del colegio que gracias a ellos disfruté estos años en la universidad, por siempre estar presentes apoyándome en todo lo que hago.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	OBJETIVOS.....	2
1.1.1	Objetivo general.....	2
1.1.2	Objetivos específicos.....	2
2	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1	Residuos sólidos.....	3
2.2	Legislación en Costa Rica.....	4
2.3	Situación actual de los residuos sólidos en Costa Rica.....	6
2.4	Manejo de residuos sólidos.....	7
2.5	Valorización de los residuos sólidos.....	9
2.6	Tratamiento de los residuos biodegradables.....	10
2.7	Economía del comportamiento.....	12
2.7.1	Aplicación de economía del comportamiento en Costa Rica.....	16
3	METODOLOGÍA.....	19
3.1	Lugar de estudio.....	19
3.2	Estudios de generación y composición.....	22
3.3	Distancia entre las casas de la zona residencial a los puntos de separación.....	24
3.4	Diseño y aplicación de encuestas para conocer el manejo de los residuos sólidos ordinarios.....	25
3.5	Diseño de las intervenciones basadas en economía del comportamiento.....	26
3.6	Propuesta para el manejo de los residuos biodegradables de la zona residencial del CATIE29	
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1	Determinación de la cantidad y composición de los residuos.....	33
4.2	Cantidad y composición total de los residuos.....	34
4.2.1	Generación de residuos por sector.....	39
4.3	Datos obtenidos a través de la encuesta.....	41
4.3.1	Caracterización de la población.....	41
4.3.2	Información sobre el manejo de residuos.....	44

4.3.3	Barreras que impiden la separación adecuada	49
4.4	Intervención enfocada en la información	52
4.5	Intervención enfocada en factores contextuales	53
4.6	Intervención enfocada en normas sociales	55
4.7	Intervención enfocada en la planificación	55
4.8	Resultados de las intervenciones realizadas	58
4.9	Propuesta para el manejo de los residuos biodegradables de la zona residencial del CATIE65	
4.9.1	Recolección de los residuos biodegradables	67
4.9.2	Manejo del compostaje.....	69
4.9.3	Costos asociados a la propuesta.....	73
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
5.1	Conclusiones.....	77
5.2	Recomendaciones	79
6	REFERENCIAS	81
7	APÉNDICES	85
7.1	Apéndice 1: Material utilizado para realizar los estudios de composición de los residuos sólidos ordinarios.....	87
7.2	Apéndice 2: Datos de los estudios de generación y composición de residuos sólidos ordinarios de los tres sectores seleccionados antes de la aplicación de las intervenciones..	88
7.3	Apéndice 3: Datos de los estudios de generación y composición de residuos sólidos ordinarios de los tres sectores seleccionados después de la aplicación de las intervenciones.	90
7.4	Apéndice 4: Encuesta aplicada a los residentes.....	92
7.5	Apéndice 5: Guía de reciclaje.....	95
7.6	Apéndice 6: Intervención con base en las normas sociales.	104
7.7	Apéndice 7: Intervención con base en la planificación.	105
8	ANEXOS	106
8.1	Anexo 1: Clasificación de residuos sólidos ordinarios.....	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Línea del tiempo de la legislación, reglamentos e instrumentos normativos que dan soporte al modelo de la gestión de residuos sólidos en Costa Rica.	5
Figura 2.2. Jerarquía en el manejo de los residuos.	8
Figura 3.1. Ubicación de las residencias y puntos de separación de la zona residencial del CATIE.	21
Figura 3.2. Sesgos y barreras identificadas y empujones a aplicar.	28
Figura 4.1. Muestra de residuos valorizables recolectados el miércoles 9 de septiembre del 2020.	33
Figura 4.2. Muestra de bolsa con residuos no valorizables recolectados el jueves 10 de septiembre 2020.	34
Figura 4.3. Porcentaje de composición de los residuos recolectados los miércoles de los tres sectores.	36
Figura 4.4. Porcentaje de composición de los residuos recolectados el jueves de los tres sectores.	38
Figura 4.5. Cantidad y porcentaje de residuos que los residentes dispusieron como valorizables y no valorizables.	38
Figura 4.6. Cantidad y porcentaje de residuos valorizables y no valorizables.	39
Figura 4.7. Porcentaje de generación total de residuos ordinarios por sector.	40
Figura 4.8. Cantidad y porcentaje por sector de residuos valorizable y no valorizable.	40
Figura 4.9. Rangos de edad de las personas que integran la población de la zona residencial.	42
Figura 4.10. Género de las personas que integran la población de la zona residencial.	42
Figura 4.11. Porcentaje de casas con su respectiva cantidad de personas por habitación.	43
Figura 4.12. Nivel de escolarización de las personas que respondieron la encuesta.	43
Figura 4.13. Nivel de escolarización de todos los miembros del hogar.	44
Figura 4.14. Preferencias de los encuestados respecto al tratamiento de los residuos biodegradables.	45
Figura 4.15. Respuesta de los encuestados sobre si han recibido información sobre el manejo y separación de los residuos sólidos.	45

Figura 4.16. Respuesta de los encuestados de acuerdo con su disposición en colaborar con el buen manejo de los residuos sólidos.....	46
Figura 4.17. Día que seleccionaron los encuestados sobre la recolección de los residuos valorizables.....	47
Figura 4.18. Aspectos que los residentes afirman que se cumplen para los puntos de separación.....	47
Figura 4.19. Puntos de separación en la zona residencial del CATIE.....	49
Figura 4.20. Barreras que inciden en la decisión de separar los residuos de los encuestados.....	50
Figura 4.21. Comparación del antes y después de los cambios aplicados en los puntos de separación.....	54
Figura 4.22. Muestra de bolsas de residuos valorizables recolectados el miércoles 9 de junio del 2021.....	58
Figura 4.23. Comparación de las cantidades recolectadas de residuos los miércoles antes y después de la aplicación de las intervenciones.....	59
Figura 4.24. Comparación de las cantidades recolectadas de residuos valorizables los jueves antes y después de la aplicación de las intervenciones.....	61
Figura 4.25. Comparación de la cantidad de residuos no valorizables recolectados los jueves antes y después de las intervenciones.....	62
Figura 4.26. Comparación del antes y después de las cantidades de residuos valorizables y no valorizables por sector.....	63
Figura 4.27. Comparación de la cantidad de residuos valorizables, no valorizables y del total de residuos antes y después de la aplicación de intervenciones.....	64
Figura 4.28. Cubeta plástica con capacidad de 30 L con tapa.....	68
Figura 4.29. Distancia de la ruta de recolección de los residuos biodegradables.....	69
Figura 4.30. Distribución de las hileras en el patio de compostaje.....	72
Figura 4.31. Hileras de prueba montadas por los miembros del proyecto AGRO-INNOVA.....	73

LISTA DE CUADROS

Cuadro 2.1. Clasificación de los residuos de acuerdo con su tipo y composición.	3
Cuadro 2.2. Lista de sesgos conductuales relevantes y ejemplos de aplicación para contrarrestar el sesgo.	13
Cuadro 2.3. Ejemplo de empujones utilizados en el campo de la economía del comportamiento.	15
Cuadro 3.1. División de la zona residencial por sectores y su respectivo número de casas.	20
Cuadro 4.1. Cantidad y porcentaje promedio de los residuos recolectados los miércoles de los tres sectores.	35
Cuadro 4.2. Cantidad y porcentaje promedio de los residuos recolectados los jueves de los tres sectores.	37
Cuadro 4.3. Barreras identificadas en este estudio y las razones para ser percibidas como una barrera.	51
Cuadro 4.4. Resumen de los empujones utilizados en este estudio y su relación con las barreras y sesgos identificados.	57
Cuadro 4.5. Porcentaje de aumento de los residuos valorizables recolectados el miércoles.	59
Cuadro 4.6. Porcentaje de disminución de los residuos valorizables recolectados el jueves.	61
Cuadro 4.7. Volumen de los residuos biodegradables generados por sector en la zona residencial.	68
Cuadro 4.8. Desglose de los costos de los materiales para la recolección de residuos biodegradables, la construcción de las hileras y costo total de la inversión inicial.	74
Cuadro 4.9. Costos unitarios para el cálculo del monto mensual asociados a la propuesta de compostaje.	76
Cuadro 4.10. Costos mensuales asociados a la propuesta de compostaje.	76

LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AGRO-INNOVA	Proyecto Sistemas Agroforestales Adaptados para el Corredor Seco Centroamericano
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CCSS	Caja Costarricense del Seguro Social
ENSRVR	Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos
GIRS	Gestión Integral de Residuos Sólidos
HDPE	Polietileno de alta densidad
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
LDPE	Polietileno de baja densidad
PET	Tereftalato de polietileno
PP	Polipropileno
PRESOL	Plan de Residuos Sólidos de Costa Rica
RECOPE	Refinadora Costarricense de Petróleo

RESUMEN

Costa Rica al igual que varios países de América Latina, se enfrenta a cómo mejorar las prácticas de separación de residuos para incrementar el reciclaje entre los hogares. La zona residencial del CATIE cuenta con una recolección diferenciada e infraestructura para la disposición de residuos valorizables y no valorizables, pero, presenta retos en cuanto a la separación de residuos por parte de los residentes. Mediante una encuesta aplicada y visitas en el sitio, se determinaron los principales sesgos y barreras que incidían en la correcta separación de los residuos. A partir de la información obtenida y utilizando principios de economía del comportamiento, se diseñaron cuatro intervenciones basadas en información, normas sociales, planificación y factores contextuales, dando como resultado: una guía de reciclaje, etiquetas comparativas, correos recordatorios y cambios físicos en los puntos de separación. Para evaluar las intervenciones se realizaron estudios de composición antes y después de su aplicación, dando como resultado que posterior a la implementación de las intervenciones, el porcentaje de recuperación de residuos valorizables incrementó en un 27%, y, la generación de residuos no valorizables disminuyó en un 22%. Además, se realizó una propuesta para el manejo de los residuos biodegradables con su costo de implementación, ya que, actualmente en la institución no existe un tratamiento para este tipo de residuos, por lo que deben ser dispuestos en el vertedero municipal. La inversión inicial se calcula en 222 500 colones. El costo de operación mensual se estima en 91 511 colones, los cuales podrían ser costeados al aumentar la tarifa de servicios que actualmente pagan los residentes.

Palabras clave: Economía del comportamiento, Intervenciones, Manejo de Residuos Biodegradables, Sesgos y Barreras.

ABSTRACT

Household solid waste management is a challenge in Costa Rica and Latin America. This is a concern for CATIE's residential area, an institution that counts with a differentiated waste collection system and infrastructure for waste sorting. However, residents still face issues when dealing with the proposed system. Through surveys and field trips, this study aimed to pinpoint the main factors (bias and barriers) that influenced their waste sorting process and offered opportunities for improvement. Four main changes were implemented based on the information collected and the results obtained from principles of behavioural economics. Social standards, planning and contextual factors were also considered resulting in recycling guides, comparative tags, reminder e-mails and upgrades in the separation stations. Impacts of the changes were evaluated using waste composition tests before and after its execution, resulting in an increment of recoverable waste by 27%; and a decrease of 22% of non-recoverable waste. Furthermore, a biodegradable waste management plan was proposed, including the implementation cost based on organic waste valorization and avoiding sending waste to a landfill. The initial investment was calculated to be around 222 500 CR colones, plus a monthly operational cost of 91 511 CR colones. These investments could be funded by raising the collection fee that the residents already pay.

Key words: Behavioral Economics, Interventions, Biodegradable Waste Management, Biases and Barriers.

1 INTRODUCCIÓN

Según el Banco Mundial los residuos constituyen el desafío más amplio que afecta a la salud humana y a los medios de subsistencia, el medio ambiente y la prosperidad. Para el año 2050 se espera que la generación de residuos alcance los 3.4 billones de toneladas, un 70% más que lo generado para el año 2016 (Banco Mundial, 2018). En Costa Rica se generan diariamente 4000 toneladas de residuos, de las cuales el Ministerio de Salud (2019) reporta que para el año 2018 solo el 4,2% de los residuos fueron separados para su posterior reciclaje, compostaje o co-procesamiento. En cuanto al manejo de residuos, uno de los principales problemas se debe a los hábitos de consumo y desperdicio, para hacerle frente a estos retos el país podría invertir muchos recursos en prohibiciones e impuestos que no necesariamente se transformen en mejoras (Soto Córdoba, 2019).

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), es un organismo internacional que impulsa la educación, investigación, gestión sostenible de la agricultura y la conservación de los recursos naturales. Bajo este enfoque de preservación del medio ambiente, la institución tiene un gran interés en lograr avances e innovaciones en diversos campos de estudio ambiental, uno de ellos es la gestión de residuos sólidos. Debido a la naturaleza de la institución, muchos funcionarios y estudiantes viven dentro del mismo campus, por lo que el rol que ejercen los residentes es fundamental para lograr una gestión integral de los residuos. Acciones simples como la separación en la fuente, evita la contaminación de los residuos valorizables por desperdicios de alimentos u otros materiales no reciclables, incrementando así la recuperación de residuos valorizables y disminuyendo la cantidad de residuos que se depositan en los rellenos sanitarios.

El análisis del comportamiento humano para diseñar políticas es una práctica creciente en el mundo, la economía del comportamiento estudia los sesgos cognitivos más comunes en la toma de decisiones, puede ayudar a que los responsables de la formulación de políticas y estrategias, entiendan las barreras que confrontan cuando intentan que las personas modifiquen su comportamiento (Pinto et al., 2014). Se ha destacado durante mucho tiempo, el hecho de que los conocimientos de las ciencias del comportamiento no suelen utilizarse en

el diseño de campañas y estrategias que intentan promover conductas ecológicas (Linder et al., 2018). La identificación de estrategias de alto impacto para promover la valorización es desafiante, sabemos que separar los residuos para el reciclaje no es una práctica normalizada, no todos lo hacen o participan plenamente. Sin embargo, es evidente que existe una trayectoria hasta la normalización y el crecimiento en la adopción de comportamientos de reciclaje, que se encuentra influenciado por el cambio de actitudes, la provisión de instalaciones, campañas de información y comunicación y la influencia del comportamiento de los demás (Thomas & Sharp, 2013).

En este estudio se aplicaron principios de economía del comportamiento para promover la separación de residuos y de esta manera aumentar la recuperación de residuos valorizables. Comprender el contexto y evaluar las barreras a través de un diagnóstico exhaustivo es fundamental en el diseño de intervenciones rentables enfocadas en modificar comportamientos. Se comenzó con estudios de composición y aplicación de encuestas a los hogares, basada en esta información recolectada, se diseñó una guía de reciclaje, se modificaron los puntos de separación de residuos con el fin de dirigirse a la atención limitada de las personas, se proporcionó retroalimentación por medio de comparaciones y se trabajó con correos recordatorios basados en la planificación, para incorporar fácilmente la separación de los residuos en las rutinas de la población objetivo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Diagnosticar la gestión de los residuos sólidos ordinarios generados en la zona residencial del CATIE en búsqueda de su mejoramiento.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar la situación actual y las barreras que impiden la separación de residuos sólidos ordinarios por parte de los residentes.
- Analizar la aplicación de intervenciones que se derivan de la economía del comportamiento, a partir de estudios de composición.
- Elaborar una propuesta para el manejo de los residuos biodegradables de la zona residencial del CATIE.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

En el presente capítulo se presentan los conceptos básicos relacionados con el tema de residuos sólidos, caracterización, legislación, situación actual en Costa Rica y tratamientos para los residuos biodegradables. Además, se introduce la definición de economía del comportamiento y cómo se utiliza en el diseño de intervenciones para abordar barreras que conduzcan a soluciones prácticas y rentables que permitan una mejor gestión de residuos.

2.1 Residuos sólidos

Según la Ley 8839 para la Gestión Integral de Residuos (2010), el concepto de residuo hace referencia a 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.

Los residuos se pueden clasificar de diferentes maneras dependiendo de factores como su fuente de generación, el tipo de residuo, forma de tratamiento, peligrosidad, entre otras. Basado en el tipo de residuo y, según la normativa costarricense, se tienen tres grupos: residuos ordinarios, peligrosos y de manejo especial (Ministerio de Salud, 2016a).

Específicamente los residuos ordinarios se definen como: “residuos de carácter doméstico generados en viviendas y en cualquier otra fuente, que presentan composiciones similares a los de las viviendas” (Ley para la Gestión Integral de Residuos, 2010). En el siguiente cuadro podemos observar la clasificación de los residuos en diferentes categorías de acuerdo con su tipo y composición.

Cuadro 2.1. Clasificación de los residuos de acuerdo con su tipo y composición.

Tipo de residuo	Clasificación	Ejemplos
Ordinarios	Valorizables	Plásticos, papel, cartón, vidrio, metales, textiles y cuero.
	No valorizables	Material de barrido, servilletas, empaques no reciclables y papel higiénico.
	Biodegradables	Cascaras de frutas y verduras, restos de comida, alimentos en mal estado, restos de jardín como hojas, pasto y ramas.
Peligrosos	Químicos	Productos químicos como aerosoles, solventes, detergentes, plaguicidas, fertilizantes y lubricantes usados.

Tipo de residuo	Clasificación	Ejemplos
	Infeciocontagiosos	Material quirúrgico, materiales contaminados con sangre, equipo punzocortante contaminado, partes de cuerpo y muestras biológicas de análisis.
	Radioactivos	Residuos radioactivos.
Manejo especial		Llantas usadas, baterías ácido plomo, artefactos electrónicos (línea blanca), fluorescentes, colchones y bombillos compactos.

Fuente: Ministerio de Salud (2016a) y CYMA (2012).

En Costa Rica se clasifican los residuos ordinarios en valorizables, no valorizables y biodegradables. Los valorizables “son aquellos residuos que pueden ser recuperados de la corriente de los residuos para su valor comercial” (Rojas & Bogantes, 2018). Por lo tanto, los residuos no valorizables son todos aquellos que en la actualidad no cuentan con un sistema de aprovechamiento. Por otra parte, se encuentran los residuos biodegradables que son aquellos que se degradan debido a la acción de organismos descomponedores, como restos de comida y de jardín (Rojas & Bogantes, 2018).

2.2 Legislación en Costa Rica

En Costa Rica existe un marco legal que se ha ido fortaleciendo desde la publicación de la Ley Orgánica del Ambiente en 1995, hasta el Plan Nacional de Desarrollo para los años 2019 a 2022 (Soto Córdoba, 2019). Con la promulgación de la Ley 8839 para la Gestión Integral de Residuos en julio del 2010, el país obtiene un marco jurídico moderno donde se comienzan a dar pautas en un tema crucial en aspectos no sólo de salud, sino que también en protección del ambiente (Ministerio de Salud, 2016b).

El país posee una variedad de reglamentos, planes, leyes, decretos, estrategias y metodologías en cuanto a los residuos sólidos y su gestión. En la Figura 2.1 se muestran los instrumentos principales de la normativa nacional asociada a la gestión integral de residuos sólidos ordinarios.

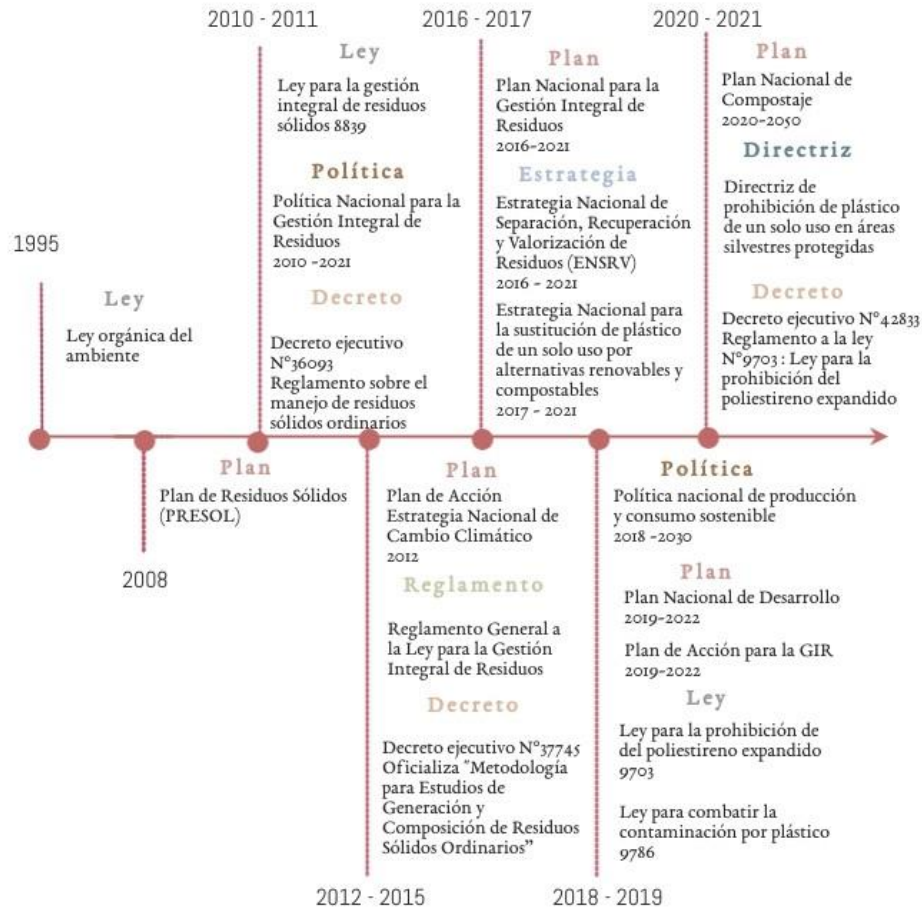


Figura 2.1. Línea del tiempo de la legislación, reglamentos e instrumentos normativos que dan soporte al modelo de la gestión de residuos sólidos en Costa Rica.

Fuente: Modificado de Soto (2019).

La línea del tiempo no contempla todos los instrumentos existentes del marco legal, pero sirve como base para conocer en gran escala la normativa con la que cuenta el país. A partir del año 2017, con la publicación de la Estrategia Nacional para sustituir el consumo de plásticos de un solo uso por alternativas renovables y compostables se ha empezado a ampliar la normativa existente con respecto a plásticos de un solo uso. Por otra parte, aún quedan pendientes algunas normativas, una de ellas enfocada en el manejo de residuos orgánicos, ya que, actualmente no existe un reglamento específico que incluya las diferentes técnicas de compostaje existentes y estándares de calidad para el compost generado.

2.3 Situación actual de los residuos sólidos en Costa Rica

El manejo inadecuado de los residuos sólidos constituye uno de los principales problemas ambientales que enfrenta la sociedad costarricense. Dentro de los principales impactos se pueden mencionar la generación de lixiviados que contamina ríos y quebradas, proliferación de plagas que pueden afectar directamente la salud de los habitantes y su disposición en vertederos produce biogás que contiene metano que contribuye al calentamiento global (Ministerio de Salud, 2016b).

A partir del año 2006, con la elaboración de reglamentos específicos e implementación de programas como PRESOL, y más adelante con la publicación de la Ley para la Gestión Integral de Residuos en el 2010 y la oficialización de la Política Nacional sobre Gestión Integral de Residuos 2010-2021, se han logrado cambios significativos en los ejes legal-administrativo, institucional-organizacional, de educación y sensibilización (Estado de la nación, 2017). Antes de esto, el énfasis de la legislación estaba enfocado en la disposición final sin promover la gestión integral.

Sin embargo, según el Ministerio de Salud (2011) todavía queda mucho trabajo por delante para abordar de forma integral el problema de los residuos, que aumentan en relación proporcional con el crecimiento económico y productivo nacional. El Ministerio de Salud para el año 2016, estimaba que la tasa de generación alcanzaba un 1,1 kg/ hab.-día, para el caso de los cantones definidos como urbanos, lo cual supera el promedio nacional identificado por el Banco Mundial de 0,86 kg/hab.-día que es más elevado que el promedio mundial de 0,74 kg/ hab.-día (Banco Mundial, 2018).

En Costa Rica se generan diariamente 4000 toneladas de residuos sólidos, de las cuales 3000 toneladas se reciclan, se exportan o son enviadas a rellenos sanitarios y de las 1000 toneladas restantes se desconoce su paradero, pueden terminar en vertederos, calles, ríos, lotes baldíos y otros (Ministerio de Salud, 2016a). En cuanto a la composición de los residuos, la fracción orgánica alcanza un 52%, los materiales valorizables representan un 27,55%, y el 20% restante lo constituyen otros materiales (Rudín et al., 2019).

Para el año 2018, según estadísticas gubernamentales, la tasa de recuperación de residuos destinados al reciclaje, compostaje y co-procesamiento fue de 4,20%, es decir, de 1 462 397 toneladas recolectadas ese año, solo 61 370 toneladas fueron recuperadas para su valorización y las 1 401 027 toneladas restantes se enviaron a rellenos sanitarios o vertederos municipales, lo que implica que las municipalidades tengan que gastar grandes cantidades de dinero en deshacerse de los residuos (Ministerio de Salud, 2019).

Este porcentaje de recuperación tan bajo, se debe a que a pesar de que existe la obligación por parte de las municipalidades de una recolección de forma diferenciada, el servicio de recolección en algunos casos presenta debilidades en el diseño de rutas, el estado de los camiones e incluso en algunos casos el recorrido para su transporte es extenso (Estado de la nación, 2017). Esto incide en la continuidad y la cobertura del servicio, el costo del transporte de los residuos es insostenible en el tiempo (Rudín et al., 2019). Incluso en la mayoría de los gobiernos locales no se realiza la recolección diferenciada y solo se ofrecen campañas de recolección ocasionales (Ministerio de Salud, 2016a).

Respecto a la valorización de los residuos, el país muestra un avance en temas de educación ambiental relacionada con la separación en la fuente, sin embargo, este avance no se logra contemplar debido a que la logística de la recolección selectiva es deficiente (Rudín et al., 2019).

2.4 Manejo de residuos sólidos

El manejo de los residuos implica múltiples etapas como: generación, almacenamiento, recolección, transporte, valorización, tratamiento y disposición final. Sin embargo, la mayoría de las veces el manejo solo incluye cuatro actividades: generación, recolección, transporte y disposición final (Duc Luong et al., 2013).

En los países en vías de desarrollo o subdesarrollados, el manejo de los residuos es un desafío más complejo, ya que, existen limitaciones tecnológicas, de recursos y de gestión administrativa que restringen la capacidad de planear y ejecutar soluciones integrales (Salazar, 2020). La finalidad es eliminar ese modelo tradicional donde solo se recolectan los residuos y se disponen en rellenos sanitarios, a contar con una recolección selectiva que

permita el manejo adecuado de los residuos, fundamentada en el modelo de Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS).

El modelo GIRS tiene un enfoque más integral que va más allá de una correcta recolección y disposición final. Este contempla las partes interesadas, el ambiente en el que se desarrolla y el impacto que generan las etapas del movimiento de materiales, desde los puntos de generación hasta el tratamiento y disposición final. Además, considera los aspectos o factores externos que tienen una influencia en su efectividad, por ejemplo: técnicos, ambientales, financieros, socioculturales, institucionales y legales (Abarca et al., 2013).

La Ley de Gestión Integral de Residuos estableció un orden jerárquico, el cual consiste en dar prioridad a evitar y reducir los residuos desde su origen y, una vez generados anteponer la reutilización y su aprovechamiento mediante una recolección selectiva y valorización. Finalmente se deben tratar los residuos que necesiten reducir su peligrosidad y disponer únicamente los residuos que ecológica y económicamente no sean aprovechables (Ministerio de Salud, 2016).



Figura 2.2. Jerarquía en el manejo de los residuos.

Fuente: Ministerio de Salud (2016).

El evitar y reducir son elementos importantes de las estrategias de gestión de residuos alrededor del mundo. Estas acciones deben ir acompañadas de concientización a los ciudadanos, promoción del consumo responsable por parte de la población para disminuir la tasa de generación de residuos y, sobre todo, de generar políticas en los estados para fomentar

la educación y la cultura ambiental que se refleje en planes permanentes de disminución de los residuos sólidos (Cruz & Ojeda, 2013).

2.5 Valorización de los residuos sólidos

A pesar de que es fundamental centrar esfuerzos en evitar, reducir y reutilizar, para de esta manera disminuir la cantidad de residuos que se deben gestionar, una vez que el residuo se ha generado y que el generador de este decida no seguirlo utilizando, existen diferentes formas en que pueden ser valorizados.

La valorización se define como el conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor de los residuos para los procesos productivos, la protección de la salud y el ambiente (Ley para la Gestión Integral de Residuos, 2010).

Por otra parte, la valorización de los residuos es indispensable para el modelo de economía circular. La economía circular tiene como objetivo lograr un modelo de producción y consumo más eficiente y resiliente capaz de generar valor gracias a ciclos continuos y regenerativos. De esta forma, la economía circular transforma el modelo de extraer, fabricar, usar y tirar en un modelo con cadenas de valor, cerradas o circulares que hacen un uso óptimo de los recursos (Alarcón et al., 2021).

Este modelo otorga a los residuos un papel importante que se sustenta en aprovechar de manera inteligente los mismos, ya sea de naturaleza orgánica o tecnológica, en un modelo cíclico, de manera que los residuos se convierten en subproductos de los procesos productivos (Lett, 2014). De esta manera se disminuye la extracción de recursos vírgenes, se reduce el consumo energético y se contribuye en la conservación de los recursos naturales (Consejo Nacional Ambiental, 2020).

Entre los métodos de valorización se encuentra el reciclaje, el cual es definido como: “la transformación por medio de distintos procesos que permiten restituir su valor económico y energético, evitando así se disposición final, siempre y cuando esta restitución implique un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud y el ambiente” (Ley para la Gestión Integral de Residuos, 2010).

Una proporción relativamente grande de materiales son reciclables, por ejemplo: papel, cartón, vidrio, plástico y metales. Sin embargo, en Costa Rica el porcentaje de valorización de los residuos es bajo, esto se debe a múltiples factores como: ausencia de apoyo financiero para proyectos de reciclaje e infraestructuras, falta de tecnologías, además de una sectorización de los sitios de transformación, muchas de las industrias dedicadas al reciclaje en el país se encuentran en la GAM, por lo que los costos de distribución de los residuos separados provenientes de centros de acopio ubicados en áreas rurales son más altos (Abarca et al., 2015)(Camacho et al., 2008).

2.6 Tratamiento de los residuos biodegradables

La fracción de biodegradables contempla rangos desde un 45% a más de un 80% del total de residuos generados en países en vías de desarrollo, representando una de las principales preocupaciones en temas de salud y ambiente (Di Maria et al., 2018). Como se mencionó anteriormente, la fracción de biodegradables en el país representa más de la mitad de los residuos totales generados, con una proporción del 52%. La composición de los residuos biodegradables varía considerablemente según el nivel de ingresos, el porcentaje de generación disminuye a medida que aumentan los niveles de ingresos (Banco Mundial, 2018).

Debido a la magnitud en la generación de residuos biodegradables, es importante brindarles tratamientos y un valor agregado, para de esta forma disminuir la cantidad de residuos dispuestos en rellenos sanitarios y al mismo tiempo reducir la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero, que cada vez son más relevantes en la planificación de la gestión de residuos. En el país más del 98% del total de emisiones producidas por los residuos son resultado de la forma y el lugar donde se disponen (Rudín et al., 2019).

Existe una variedad de tecnologías que se pueden usar para tratar los residuos orgánicos, algunas son mediante el compostaje y la digestión anaeróbica. La digestión anaeróbica del material orgánico produce la generación de biogás, ésta se da en sistemas cerrados en ausencia de oxígeno, donde el metano producido por la descomposición microbiana se utiliza para los procesos productivos en reemplazo de las energías más convencionales (Lett, 2014).

Por otra parte, el proceso del compostaje consiste en que los residuos orgánicos son degradados en presencia de oxígeno con la intervención de microorganismos, el producto final obtenido se denomina compost (Duc Luong et al., 2013). El compostaje es un proceso que se da de manera natural, sin embargo, la velocidad de descomposición de los materiales orgánicos depende de la cantidad de nutrientes disponibles, presencia de oxígeno y humedad, de factores ambientales como la temperatura y factores físicos como el tamaño de las partículas de los materiales que se consumen (Chardoul et al., 2015).

El compostaje pasa por diversas etapas al descomponer la materia orgánica, los microorganismos liberan calor que varía a lo largo del proceso. Existen tres fases conocidas como: mesofílica, termofílica y de maduración para convertir los residuos orgánicos en compost, cada fase se divide de acuerdo con la temperatura generada (Li et al., 2014).

En cuanto a las técnicas de compostaje, se pueden dar de forma centralizada o descentralizada. De manera centralizada existen múltiples sistemas de compostaje, su elección depende de factores como requisitos de espacio físico, tiempo de descomposición, materia prima de partida y condiciones climáticas del lugar. Los métodos más utilizados son los que se muestran a continuación, estos se diferencian en la forma de incorporación del aire, control de la temperatura, período de volteo y calidad requerida en el producto final (CONAF, 2009).

- Hileras estáticas aireadas pasivamente: es una tecnología simple y es el sistema más económico y utilizado. Los materiales se acumulan sobre el suelo y es muy importante la forma y la medida de la hilera (CONAF, 2009). Las hileras son ventiladas por convección natural, sin la necesidad de volteos constantes y reduciendo la mano de obra requerida (Miller & Inácio, 2009).
- Hileras estáticas aireadas forzadamente: este método se basa en el aireado mecánico de las hileras, por lo tanto, no deben ser volteadas. Debido a esto se puede trabajar en espacios más compactos y se reduce el impacto de la infiltración por la lluvia, sin embargo, tiene costos de inversión y operación mayores (CONAF, 2009).
- Hileras de volteo: este método es adecuado para un funcionamiento a mayor escala donde se manejan grandes cantidades de residuos, y cuando los residuos que se

quieren tratar son material seco como restos de jardín. No es tan apto para residuos más húmedos como restos de comida. Consiste en la acumulación de residuos orgánicos en hileras largas y requieren de volteos periódicos, se pueden realizar manualmente o utilizar maquinaria. Debido a sus características el sistema requiere de un espacio mayor al de otras técnicas (Xiang Keng et al., 2020).

- Compostaje en reactores: este método es totalmente dependiente de mecanismos de aireación y de un revolvimiento mecánico controlado. Por ser en un recipiente cerrado tiene menor influencia a las variaciones climáticas, pero tiene mayor costo de inversión inicial, de operación y de mantenimiento (Miller & Inácio, 2009).

A nivel domiciliar la compostera se convierte en un facilitador de la práctica y es utilizada para procesar los residuos orgánicos. Se deben de tomar en cuenta diferentes características para obtener un proceso de compostaje adecuado, por ejemplo: aislación de la lluvia y el sol directo, drenaje del lixiviado, aireación y separación por módulos (JICA, 2010).

2.7 Economía del comportamiento

Gran cantidad de los problemas que enfrentamos actualmente, como el calentamiento global, la pérdida de biodiversidad, la deforestación, la contaminación de mantos acuíferos y del aire, tienen su procedencia en el comportamiento humano (Linder et al., 2018).

Según Thaler (2016), la economía clásica se basa en el supuesto de que las personas tienen un pensamiento racional, es decir, que las personas tienen preferencias bien definidas. Además, toman decisiones bajo el criterio de costo-beneficio, tienen una fuerza de voluntad finita, siempre escogen lo que consideran mejor, no lo que momentáneamente es la opción más tentadora y su motivación principal es el interés propio.

En otras palabras, las personas no toman decisiones equivocadas, lo que hacen es elegir la mejor opción según sus preferencias, recursos e información. Sin embargo, muchas veces las personas no toman la decisión óptima, como por ejemplo la decisión de un individuo de fumar aun sabiendo que es nocivo para su salud.

Los hallazgos de la economía del comportamiento revelan que el proceso de la toma de decisiones a menudo es muy diferente al modelo racional. Esta incorpora conocimientos de

otras ciencias sociales, especialmente la psicología, con el fin de enriquecer el modelo económico estándar al identificar cómo la conducta humana se desvía (Linder et al., 2018). Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (2019), la economía del comportamiento plantea que existe una arquitectura de decisiones que llevan a que la forma en que se presenta una opción, tendrá mucho que ver con la decisión final que se tome.

Según Kahneman (2011), se han identificado dos sistemas que rigen la toma de decisiones de los seres humanos. El primero de ellos es rápido, intuitivo y automático (sistema automático), mientras que el segundo es lento, reflexivo y racional (sistema reflexivo). En la mayoría de los casos las personas toman decisiones usando el sistema automático y obtienen resultados positivos. Sin embargo, este mecanismo es propenso a errores predecibles que conducen a toma de decisiones con resultados no óptimos. En algunas ocasiones, las personas toman decisiones utilizando el sistema reflexivo, pero no logran llevarlas a cabo, lo que conduce a resultados indeseados (Pinto et al., 2014).

La economía del comportamiento incorpora la idea de que todos tenemos sesgos del comportamiento cuando tomamos decisiones, además de que algunos de esos comportamientos se pueden cambiar (Scartascini, 2016). Un sesgo conductual alude al conjunto de expectativas y creencias que tienen las personas sobre las consecuencias de sus actos a la hora de tomar decisiones (BID, 2019). La lista de sesgos es amplia, algunos de los sesgos más relevantes y comúnmente utilizados en la aplicación de la economía del comportamiento se encuentran en el Cuadro 2.2.

Cuadro 2.2. Lista de sesgos conductuales relevantes y ejemplos de aplicación para contrarrestar el sesgo.

Sesgo	Definición	Ejemplo de aplicaciones para contrarrestar el sesgo
Exceso de confianza	Incluso cuando se conocen los riesgos asociados con un comportamiento dado, las personas creen que se encuentran exentas de los efectos negativos.	En México a partir de octubre del 2020, para contrarrestar la obesidad, ya que es el país con mayor índice de obesidad infantil y con más alto consumo de productos ultra procesados en América Latina, se colocaron leyendas sobre alimentos industrializados que se venden en el país, con el fin de que los consumidores tomen una mejor opción al compararlos. Las etiquetas llevan leyendas como: exceso de calorías, exceso de azúcar, exceso de sodio.

Sesgo	Definición	Ejemplo de aplicaciones para contrarrestar el sesgo
Sesgo del statu quo	Las personas prefieren que las cosas se mantengan estables; para conservar este estado prefieren no realizar acciones de ningún tipo o apearse a decisiones tomadas anteriormente. Existe una probabilidad desproporcionada de que los individuos seleccionen una opción predeterminada en lugar de hacer el esfuerzo mental de elegir una alternativa.	En una universidad en Suecia se cambió la opción de que los estudiantes fueran libres de solicitar que la impresión fuera a una o dos caras. Se estableció que la impresión predeterminada fuera a dos caras. Después de ese pequeño cambio se redujo en un 15% el consumo de papel diario.
Aversión a la pérdida	Las pérdidas generalmente tienen un impacto psicológico mucho más grande que las ganancias de una dimensión semejante.	Los sorteos son incentivos que ofrecen una oportunidad de ganar una cantidad sustancial de dinero a cambio de adoptar una cierta actividad. La gente se muestra dispuesta a cambiar su comportamiento a cambio de la posibilidad de participar en un sorteo porque tiende a sobreestimar sus oportunidades de ganar y no quiere tener que lamentar el hecho de haber desaprovechado la posibilidad de ganar un premio cuantioso.
Heurística de la disponibilidad o atención limitada	La atención es un recurso limitado, y por eso el individuo tiende a tomar decisiones con base en hechos e información destacada. Las decisiones se ven influenciadas por la facilidad de recordar casos de este hecho o ejemplos acerca del mismo.	Estudios demuestran que los individuos después de recibir charlas o de recordarles los beneficios de una buena nutrición optan por consumir alimentos saludables.
Esquema de interpretación o encuadre	Por lo general las personas toman decisiones diferentes dependiendo de la manera como se les describan o encuadren las alternativas.	En la ciudad de San José, California, el gobierno de la ciudad decidió cambiar el tamaño de los recipientes para residuos no valorizables, de manera que fueran más pequeños que el recipiente para el reciclaje. El cambio físico de los recipientes creó más conciencia y fomentó el reciclaje en los empleados.
Egoísmo limitado (normas sociales)	Este sesgo se relaciona con el fenómeno del comportamiento de manada, según el cual las decisiones observadas se explican por las opciones y condiciones de los pares.	En el cantón de Belén en Costa Rica, se realizó retroalimentación a los hogares notificando si su consumo mensual de agua estaba por encima o por debajo del promedio de diversos grupos de referencia. Esto tuvo un efecto positivo en la disminución del consumo de agua.

Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo (2019) y Pinto et al., (2014).

Como se menciona anteriormente, basamos nuestras decisiones en atajos mentales, preferimos el statu quo, le damos mucho valor a unos pocos acontecimientos recientes y extrapolamos los resultados a partir de una cantidad limitada de observaciones (BID, 2019).

La economía del comportamiento busca explicar estas conductas aparentemente irracionales y contribuir al diseño de políticas y proyectos que mediante empujones (nudge en inglés), que persuadan a las personas a tomar decisiones socialmente deseables sin prohibir otras alternativas disponibles (Pinto et al., 2014). La aplicación de la economía conductual ha demostrado ser una herramienta eficaz para la generación de estrategias y aplicación en la política pública.

Por definición, una intervención de empujón se refiere a cambiar algún aspecto del contexto de una decisión, de manera que conduce el comportamiento de una persona en una dirección predecible. Para poder ser llamado un empujón, la intervención no puede prohibir o eliminar ninguna alternativa de elección y debe respetar el libre albedrío de las persona (Linder et al., 2018).

Si se diseñan cuidadosamente los empujones basados en la economía del comportamiento, se pueden aprovechar los mismos sesgos conductuales que impulsan a los individuos a adoptar comportamientos no deseados, para promover que adopten mejores prácticas, ya sea en temas de ambiente, salud, educación, etc.

Los empujones abarcan una gama extremadamente amplia, su número y variedad están en constante crecimiento. Algunos ejemplos de empujones se encuentran en el Cuadro 2.3.

Cuadro 2.3. Ejemplo de empujones utilizados en el campo de la economía del comportamiento.

Empujones	Significado
Simplificación	Tanto en países desarrollados o en desarrollo, la complejidad ocasiona serios problemas, principalmente porque causa confusión o son muy ambiguos. Muchos programas, iniciativas y mensajes fallan o no son tan exitosos como deberían debido a su complejidad. Como una norma general, las implementaciones deberían ser fáciles de entender e incluso ser intuitivas.
Normas sociales*	El hecho de concientizar a los individuos sobre cómo se compara su situación con la de otros puede ser un mecanismo efectivo para influir en su comportamiento.
Recordatorios, retroalimentación y automonitoreo	La retroalimentación sobre el progreso del individuo para alcanzar una meta y los recordatorios personales, son herramientas que pueden aumentar el grado de conciencia sobre los comportamientos deseados. Estos son de suma importancia

Empujones	Significado
	principalmente cuando las personas tienen la intención, pero no llegan a cumplirla.
Incrementar la facilidad y la conveniencia	Las personas a menudo toman la decisión más fácil. Si el objetivo es fomentar un determinado comportamiento, reducir varias barreras (incluido el tiempo que se necesita para comprender qué hacer) suele ser útil. La resistencia a cambiar es a menudo producto no del desacuerdo o del escepticismo, sino de la percepción de dificultad o de ambigüedad.
Cambiar la prominencia de las opciones	Las intervenciones basadas en estos enfoques alteran la presentación de las alternativas para que destaque la opción “deseable” y sea más fácil elegir.
Dispositivos previos al compromiso	Si las personas se comprometen previamente a realizar una determinada acción, como participar en un programa para dejar de fumar, es más probable que actúen de acuerdo con sus objetivos. En particular, comprometerse a una acción específica en un momento futuro preciso en el tiempo motiva y reduce la procrastinación.

Fuente: Sunstein (2014) y (Pinto et al., 2014).

*Existen diferentes tipos de normas sociales dentro de la psicología social. Una de ellas son las normas sociales descriptivas, estas tienen gran éxito. La presión social de saber que otras personas de mi alrededor separan los residuos reciclables ha demostrado tener más peso que, una norma cautelar que se centran en la expectativa de que todos debemos reciclar (Thomas & Sharp, 2013).

2.7.1 Aplicación de economía del comportamiento en Costa Rica

La economía del comportamiento cuenta ya con un extenso recorrido en países desarrollados realizando intervenciones en diferentes áreas que aportan al desarrollo humano: educación, ahorro, protección social y formación de hábitos saludables, entre otros (BID, 2019). El creciente interés por la economía del comportamiento se debe al hecho de sus múltiples ventajas, por ejemplo: generalmente requiere bajos costos en su implementación o ningún costo, la mayoría de las veces se obtienen resultados de manera rápida, mantienen la libertad de las personas en tomar decisiones y son muy eficaces (Sunstein, 2014).

Para América Latina y otras regiones en desarrollo, el bajo costo de las iniciativas de la economía del comportamiento es especialmente atractiva. En los últimos años, algunos gobiernos locales y nacionales han empezado a explorarlo, como es el caso de Argentina, Brasil, México, Colombia y Perú (Scartascini, 2016). Incluso en Costa Rica, ya existen experiencias en torno a la aplicación de la economía del comportamiento en problemáticas ambientales. En el 2015 la organización Ideas42 con el fin de reducir el consumo de agua de

los habitantes de San Antonio de Belén. Se ha aplicado, además, para lograr un aumento de la recuperación de residuos valorizables, como es el caso de la Municipalidad de Zarcero y la Municipalidad de Curridabat.

La Municipalidad de Zarcero por medio de una encuesta, identificó las barreras que impedían que los vecinos separaran sus residuos de manera adecuada, las barreras fueron: pereza, la población no sabía cómo hacerlo y falta de interés.

Para combatir esas barreras se realizaron intervenciones basadas principalmente en la planificación, por medio de mensajes de WhatsApp se enviaron recordatorios del día de la recolección de los residuos valorizables. Los mensajes enviados incluían imágenes de personas reconocidas del cantón, debido a que por experiencias anteriores saben que las personas tienen un gran sentido de apropiación y orgullo cantonal, y leyendas como: “Tío Manuel les recuerda entregarlos limpios, secos y separados. Gracias a todos los zarcereños por ser parte del programa municipal de reciclaje”. Como resultado se obtuvo una mejora en la disposición y la separación de distintos materiales, como el caso del PET para el cual se disminuyó su disposición en los residuos ordinarios en un 60% del peso total inicial, los polilaminados en un 26% y el HDPE en un 29%; dando como resultado que 18,3 kg de estos materiales dejaron de ser enviados al relleno sanitario durante el periodo del estudio.

La Municipalidad de Curridabat se enfocó en incrementar el hábito del reciclaje. Por medio de grupos focales y entrevistas identificaron las barreras que impedían que las personas reciclaran, como, por ejemplo: pereza, poca determinación y confusión de cómo realizar una correcta separación. Para combatir las barreras se realizaron intervenciones basadas en normas sociales descriptivas y planificación. Los hogares participantes recibieron advertencias sobre el cumplimiento con el reciclaje, se les envió una tarjeta verde con la leyenda “su casa recicló más que el promedio de casas en el barrio” y roja con “su casa recicló menos que el promedio de casas en el barrio”. Por otra parte, se envió un material que proporciona información sobre dónde llevar el reciclaje, los tiempos para sacarlo y el tipo de material que se puede reciclar, con la finalidad de integrar el reciclaje en sus rutinas. El resultado final de las intervenciones fue un aumento de las prácticas de reciclaje del 3% entre los hogares de la muestra al 18%.

Los resultados obtenidos en los ejemplos anteriores demuestran que las intervenciones son generalmente efectivas, además, demuestran que los conocimientos de la economía del comportamiento pueden adaptarse a distintos contextos nacionales.

Al analizar países que han alcanzado altos porcentajes de recuperación de material reciclable, se sabe que se debe a múltiples factores y partes interesadas involucradas. Entre ellos se encuentra una legislación fuerte en el tema de residuos, estrategias para el manejo de residuos, apoyo financiero a los mercados de reciclaje, infraestructura para el reciclaje y campañas de comunicación (Thomas & Sharp, 2013).

Todos estos factores mencionados influyen en los porcentajes de residuos reciclables recuperados, sin embargo, existe un cuadro complejo con una amplia variedad de factores adicionales que influyen, ya sean situacionales, relacionados con los sistemas sociotécnicos, determinantes del comportamiento individual o las interacciones entre ellos. Según González y Adenso (2005) las influencias sociales y los factores altruistas y normativos son algunas de las razones para que ciertas comunidades desarrollen fuertes hábitos de reciclaje.

3 METODOLOGÍA

En la siguiente sección se realiza una descripción del sitio donde se llevó a cabo el proyecto y la metodología utilizada para el cumplimiento de los objetivos planteados.

3.1 Lugar de estudio

El estudio se realizó en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), el cual se especializa en formular soluciones integrales que abordan la complejidad de los problemas actuales que enfrentan la agricultura y los recursos naturales en América Latina y el Caribe. Enfoca sus esfuerzos en diferentes áreas como cambio climático, manejo de cuencas, seguridad alimentaria, bosque, agroforestería, cadenas de valor y agronegocios, ganadería sostenible, género, desarrollo y economía ambiental y enfoque territorial (CATIE, 2020).

Se encuentra integrado por trece países miembros, y por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). En Costa Rica el CATIE se ubica en la provincia de Cartago en Turrialba.

El campus del CATIE tiene distintas modalidades de alojamiento. En este estudio se trabajó con la zona residencial que son casas de alquiler. Esta zona, está conformado por un total de 60 casas, de las cuales 51 estaban ocupadas en el momento del estudio.

Esta zona se seleccionó, ya que debido a la pandemia causada por el Covid-19, en los otros alojamientos era más probable que la cantidad de residentes variara con el tiempo. Mantener una cantidad constante de personas en el lugar, era necesario para el cumplimiento de la metodología planteada.

El CATIE tiene dividida la zona residencial en casas con distintos nombres para poder diferenciarlas, los cuales son los siguientes: 60s, 66s, 80s, 87s, 102, 109 y ABC.

Como se observa en el cuadro 3.1 se dividieron estas residencias en tres sectores, los cuales abarcan los siete grupos mencionados anteriormente, buscando que cada sector contenga una cantidad similar de casas ocupadas y cercanía entre ellas.

Cuadro 3.1. División de la zona residencial por sectores y su respectivo número de casas.

Sector	1	2	3
Residencias CATIE	60s y 102	ABC, 66s y 80s	109 y 87s
Número de casas	18	20	22
Número de casas ocupadas	13	19	19

En la Figura 3.1 se señalan las residencias que se mencionan en el cuadro anterior.

Mapa zona residencial del CATIE, cantón Turrialba, Cartago, 2021

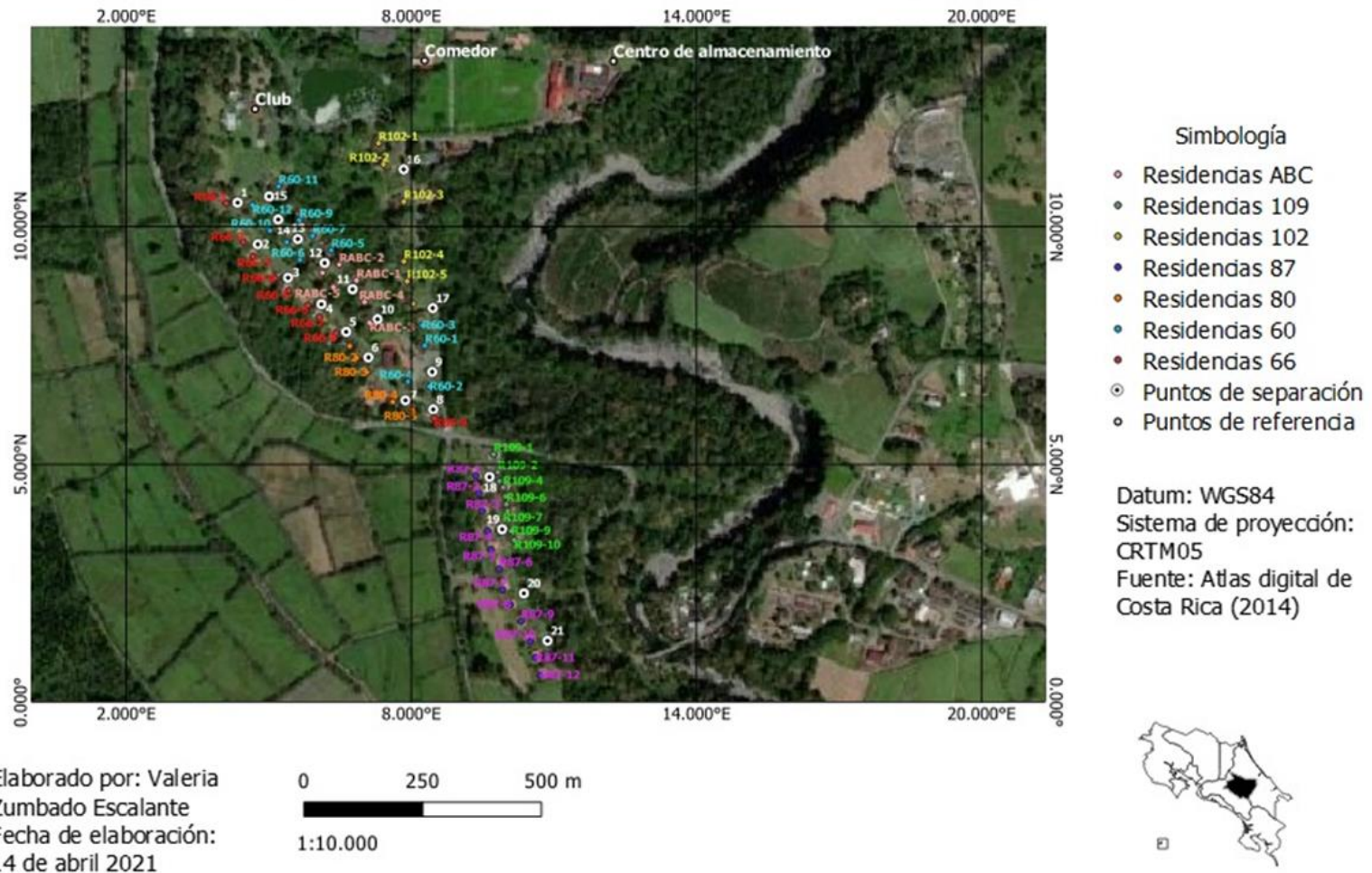


Figura 3.1. Ubicación de las residencias y puntos de separación de la zona residencial del CATIE.

3.2 Estudios de generación y composición

Los estudios de generación y composición se ejecutaron durante seis semanas, trabajando cada semana con un sector específico y haciendo un duplicado para cada sector de la zona residencial, la cual se dividió en tres sectores como se mostró en el Cuadro 3.1, para así poder contemplar con mayor facilidad todas las casas y poder abarcar todos los residuos el día que se realizaba cada estudio de composición.

Dentro de la institución la recolección de residuos se realiza los miércoles y jueves. Los miércoles se destinan para la recolección de los residuos valorizables y los jueves de los residuos no valorizables.

Los residuos recolectados durante los miércoles y jueves se almacenaban separados en valorizables y no valorizables, para que el jueves o viernes de la misma semana se procediera a realizar el análisis de estos.

Para los estudios de generación y composición se siguió la metodología recomendada por el Ministerio de Salud, presentada en el Decreto N° 37745-S publicado en el año 2013: “Metodología para Estudios de Generación y Composición de Residuos Sólidos Ordinarios”.

Para ajustar la metodología a la situación específica del CATIE se realizaron algunos cambios, a continuación, se describe el procedimiento aplicado:

1. Se prepara la logística necesaria para el muestreo:
 - El CATIE suministró un lugar adecuando, techado y con una lona plástica fácil de lavar que cubría la superficie
 - Bolsas plásticas
 - Marcadores permanentes para identificar las bolsas
 - Equipo de seguridad personal como: guantes, gabacha y mascarilla
 - Balanza digital
 - Formatos de documentos para registrar la información
2. Se recolectan todos los residuos de los puntos de separación de la zona residencial y se depositan en el área de trabajo.
3. Se pesan todas las bolsas para conocer la cantidad total de residuos y se anota su peso. Se abren las bolsas y se depositan todos los residuos formando un montículo.

Es importante mencionar que el procedimiento del Ministerio de Salud sugiere realizar el método de cuarteo, el cual consiste en dividir el montículo de residuos en cuatro partes iguales con ayuda de palas. Posteriormente, se escogen dos partes opuestas y se descartan las dos partes no seleccionadas; se debe repetir el cuarteo hasta obtener una muestra aproximada de 50 kg de residuos. Este método se aplica cuando la cantidad de residuos supera los 300 kg.

En ninguno de los casos de este estudio, la cantidad de residuos superó los 300 kg, por lo que se trabajó siempre con la muestra completa.

4. Se separan los componentes en las categorías establecidas:

- Biodegradables
- Papel/cartón
- Cartoncillo
- Plásticos: Tereftalato de polietileno (PET) y Polietileno de alta densidad (HDPE)
- Otros plásticos: Polietileno de baja densidad (LDPE) y Polipropileno (PP)
- Vidrio
- Metal
- Aluminio
- Textiles, cuero y hule
- Polilaminados.
- Residuos peligrosos
- Residuos eléctricos y electrónicos
- Residuos no valorizables

El reglamento permite la creación de subcategorías siempre y cuando se mantengan las categorías establecidas por la normativa. En este caso el plástico se dividió en dos categorías la primera de PET y HDPE, y una segunda categoría que abarca los tipos de plásticos LDPE y PP. En el caso de papel/cartón se agregó la subcategoría de cartoncillo y a los metales se le agregó la subcategoría de aluminio, la categoría de metal contempla lo que es chatarra y latón.

En el cuadro A.1.1 del Anexo 1 se encuentra detallada la clasificación de cada categoría utilizada.

5. Se pesa cada bolsa y se anota su peso respectivo de acuerdo con su categoría.

6. Se divide el peso neto de cada una de las categorías por el peso total de los residuos (suma de todas las categorías). De esta manera se obtiene el porcentaje en peso de cada categoría para el sector correspondiente. Ver ecuación 1.

$$\text{Ecuación 1: Porcentaje del peso (\%)} \text{ de la categoría en el sector} = \frac{P_i}{W_t} * 100$$

Donde:

Pi = Peso neto de la categoría

Wt = Suma de los pesos de todas las categorías

7. Se promedian los resultados obtenidos de los duplicados de los residuos valorizables y no valorizables.
8. Se repite este proceso durante las demás semanas y con los diferentes sectores.
9. Se suman los promedios de cada sector para obtener un promedio semanal de la generación total de la zona residencial.

Es importante mencionar que, de la clasificación mencionada en el punto 4, se consideran para efectos de este estudio como residuos valorizables las categorías:

- Papel, cartón y cartoncillo
- Plásticos: PET y HDPE
- Otros plásticos: LDPE y PP
- Vidrio
- Metal: Aluminio, latón y chatarra
- Polilaminados

Los estudios de composición fueron realizados al inicio de la investigación para conocer la situación base en la que se encontraba la zona residencial, posteriormente se aplicó la misma metodología mencionada, ya que se volvieron a efectuar estudios de composición y generación con la finalidad de evaluar la efectividad de las intervenciones basadas en economía del comportamiento que se detallan más adelante.

3.3 Distancia entre las casas de la zona residencial a los puntos de separación

El CATIE cuenta con puntos de separación de residuos que están distribuidos en diversos sitios del campus. La zona residencial que es el área con la que se trabajó cuenta con 21 de estos puntos. Cada residencia cuenta con dos o tres puntos de separación ubicados en sus

cercanías. En la Figura 3.1 se puede observar un mapa con la ubicación de los puntos de separación dentro de la zona residencial.

Se realizó un recorrido por el campus para localizar e identificar los puntos de separación de residuos que poseen los residentes, así como para valorar su estado, características, distribución y accesibilidad.

Adicionalmente se determinó la distancia entre cada casa a su punto de separación más cercano, con la finalidad de conocer el recorrido que deben hacer los residentes hasta el punto de separación.

3.4 Diseño y aplicación de encuestas para conocer el manejo de los residuos sólidos ordinarios

Con la finalidad de conocer el manejo y la situación actual de los residuos sólidos ordinarios se realizaron encuestas a los residentes vía correo electrónico. Al momento del estudio había un total de 51 casas ocupadas y se obtuvo respuesta de 40 casas, que representan un 78% del total.

Para obtener información lo más completa posible la encuesta estaba conformada por:

- Información personal del encuestado, así como de los demás miembros del hogar:
 - Cantidad de miembros en el hogar
 - Género
 - Edad
 - Nivel de escolaridad

- Información sobre el manejo de los residuos sólidos, esta parte de la encuesta estaba conformada por 10 preguntas destinadas a conocer:
 - El punto de vista de los residentes sobre la gestión actual de los residuos
 - Mejoras en la parte de planificación, información e infraestructura
 - Si cuentan con la información necesaria para un buen manejo de los residuos en su hogar

En el Apéndice 4 se encuentra la encuesta completa aplicada a los residentes.

3.5 Diseño de las intervenciones basadas en economía del comportamiento

A pesar de que todas las aplicaciones de la economía del comportamiento son diferentes, existe un enfoque sistemático que guía el diseño conductual, el cual consta de los siguientes pasos: definir el problema, diagnosticar sus causas, diseñar soluciones, comprobar la efectividad de dichas ideas y adaptar aquello que funcione (Datta & Mullainathan, 2015).

A continuación, se muestran los pasos seguidos en este estudio:

1. Definición del problema y selección del comportamiento a cambiar:

Los estudios de composición permitieron determinar la situación actual del lugar, se identificó que no existe una correcta separación por parte de los residentes y que a pesar de que la recolección de los residuos valorizables son los miércoles y los no valorizables el jueves, no todos los residentes se apegan a estos días específicos y a depositar los residuos en el contenedor correspondiente. De acuerdo con esto, los comportamientos a cambiar son los siguientes:

- I. Mejorar la separación en la fuente de los residuos valorizables (reciclaje) y no valorizables.
- II. Lograr que se dispongan en los días y en el contenedor que corresponde, según si son valorizables o no.

2. Diagnosticar las causas y entender la situación:

Los factores que conducen a un comportamiento no deseado, pueden diferir según el público con el que se esté trabajando, debido a esto es de vital importancia analizar a los miembros de la población objetivo para abordar las diversas barreras o sesgos con la intervención más apropiada (Pinto et al., 2014).

Como se mencionó en la sección 3.4, se aplicaron encuestas a los residentes, con la finalidad de determinar las barreras presentes que ocasionan que no realicen una correcta separación de sus residuos.

Algunas preguntas específicas utilizadas para identificar las barreras fueron las siguientes:

- ¿Qué aspectos considera usted que influyen en su decisión para no separar y disponer sus residuos para reciclaje?
- De las estaciones para la separación de residuos que se encuentran en el lugar, marque los criterios que desde su perspectiva se cumplen para estos.
- ¿Qué aspectos considera que deberían de cambiar o mejorar en el sistema de recolección?

Estas preguntas permitieron comprender el comportamiento que se da en el lugar, determinar cuáles conductas son prioritarias de abordar y examinar el problema desde otra perspectiva.

3. Diseño de las soluciones:

A través de un proceso de investigación que incluyó el análisis de las respuestas de las encuestas aplicadas, conversaciones con el encargado del manejo de los residuos y visitas in situ, se identificaron los principales obstáculos que impedían una correcta separación de los residuos en la población objetivo.

A partir de esta información y los sesgos conductuales que expone la literatura sobre el tema, se diseñaron una serie de intervenciones para responder a las barreras identificadas.

Existen numerosos sesgos conductuales, sin embargo, se seleccionaron los sesgos que estuvieran relacionados a las barreras descubiertas. Al igual que los sesgos conductuales existen diferentes tipos de intervenciones. La finalidad es que con base en los sesgos y barreras identificadas se diseñen e implementen las intervenciones para lograr hacer un cambio de comportamiento en la población objetivo.

En el siguiente diagrama se encuentran los comportamientos a cambiar, los sesgos, barreras y empujones seleccionados.

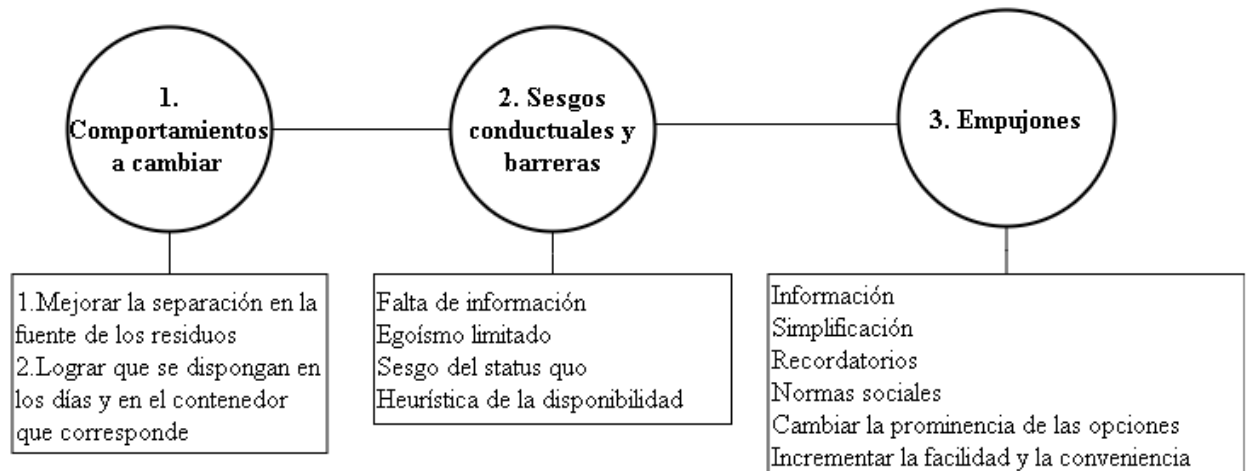


Figura 3.2. Sesgos y barreras identificadas y empujones a aplicar.

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de las barreras, las principales identificadas fueron en torno a la falta de información y desconocimiento del manejo que reciben los residuos recolectados, la manera en que se deben de separar y que día se recolectan.

Los sesgos seleccionados que se apegan a las barreras encontradas son las siguientes:

- Egoísmo limitado: Este sesgo está relacionado a las normas sociales, los residentes del lugar perciben que la mayoría de los vecinos no separan sus residuos y esto genera que se normalice esta mala práctica.
- Sesgo del status quo: Las personas prefieren que las cosas permanezcan estables, para conservar ese estado prefieren no hacer nada al respecto, como es el caso de mantener una incorrecta separación de los residuos.
- Heurística de la disponibilidad: Las personas basan sus elecciones con base en la facilidad de recordar hechos e información destacada. La falta de información en temas como el día de recolección y el tipo de residuos que son valorizables produce que los residentes no tengan claridad, estén desinformados y tomen decisiones no óptimas.

En cuanto a las intervenciones, se diseñaron cuatro basándose en los empujones encontrados en la literatura. En la Figura 3.1 se pueden ver los empujones utilizados para diseñar las

intervenciones, cada intervención cuenta con el uso uno o más empujones. Las cuatro intervenciones son las siguientes:

1. Intervención de información: Guía sobre la correcta separación de residuos.
2. Intervención en factores contextuales: Mejoramiento de los puntos de separación de residuos del lugar.
3. Intervención de norma social: etiquetas comparativas.
4. Intervención de planificación: correo recordatorio.

En investigaciones encontradas sobre la aplicación de la economía del comportamiento, específicamente para mejorar el reciclaje, disminuir consumos y aumentar la separación de residuos, se utilizaron intervenciones basadas en planificación y normas sociales como empujones. Debido a que los resultados obtenidos en las investigaciones que han utilizado estas intervenciones han sido exitosos, para este estudio se escogió diseñar intervenciones bajo estos dos enfoques.

Por otra parte, la intervención en torno a la información se seleccionó debido a que, la falta de información y el desconocimiento fue de las principales barreras identificadas. La intervención enfocada en factores contextuales se escogió, ya que, en varias investigaciones se han utilizado con éxito, además, en las encuestas aplicadas se identificó que se debe mejorar el aspecto visual de los puntos de separación.

La aplicación de las intervenciones se realizó vía correo electrónico debido a que el material desarrollado permite ser enviado de este modo. Además, en la encuesta aplicada a los residentes se les preguntó que canal de comunicación preferían para recibir información, y la opción con más votos fue por medio de correo electrónico, 34 personas de 40 personas encuestadas seleccionaron esta opción.

3.6 Propuesta para el manejo de los residuos biodegradables de la zona residencial del CATIE

La investigación realizada en la zona residencial del CATIE contempla una propuesta para el manejo de los residuos biodegradables, la cual se realizó con un enfoque tanto cuantitativo como cualitativo. Cuantitativo mediante los estudios de composición y la recolección de

datos necesarios para determinar los costos asociados a la propuesta. Y cualitativo al utilizar los resultados de las encuestas aplicadas y diálogos con los responsables del manejo de residuos de la institución, ambos para determinar la situación del lugar en cuanto al manejo de los residuos biodegradables. Además, se realizaron reuniones con los encargados del Proyecto Sistemas Agroforestales Adaptados para el Corredor Seco Centroamericano (AGRO-INNOVA), el cual sirvió como grupo focal para evaluar la mejor forma de diseñar y plantear la propuesta.

El Proyecto AGRO-INNOVA, es una iniciativa a cargo del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), en cooperación técnica junto con el CATIE y la Unión Europea. Se gestó para fortalecer acciones de adopción de innovaciones por parte de los pequeños productores del Corredor Seco Centroamericano que tiene problemas de adaptación de la agricultura convencional ante las condiciones adversas del clima y con afectaciones negativas de seguridad alimentaria y nutricional (IICA, 2020).

La propuesta se diseñó tomando como base una logística utilizada en Brasil para el manejo de residuos biodegradables a nivel comunitario, específicamente en el barrio de Monte Cristo en la isla de Santa Catarina. El cual es un modelo de gestión comunitaria de residuos biodegradables que consiste en el tratamiento centralizado de los residuos, donde se utiliza las hileras estáticas de aireación pasiva como método de compostaje (MMA, 2017).

La propuesta contempla principalmente las etapas de recolección de los residuos biodegradables y el manejo del compostaje, ya que, el proyecto AGRO-INNOVA, utiliza el método de compostaje de hileras estáticas de aireación pasiva, este mismo método es el que se pretende utilizar para el compostaje de los residuos biodegradables de la zona residencial.

Se realizó la estimación de costos asociados a la implementación de la propuesta, se tomaron en cuenta tanto los costos relacionados a la inversión inicial por la compra de materiales como manguera, tenedor agrícola y cubetas, así como, los costos generados mensualmente como combustible, salario del personal y material estructurante para el montaje de las hileras de compostaje.

Para determinar los costos de la inversión inicial, se enlistaron los materiales que se necesitarían comprar y mediante búsquedas en la web de proveedores se obtuvo el precio promedio de cada material.

A continuación, se describen los pasos para determinar los costos de la propuesta generados mensualmente.

El cálculo del costo del combustible utilizado para el transporte de los residuos biodegradables se realizó de la siguiente manera:

1. Se determinó la distancia de la ruta necesaria para la recolección de los residuos biodegradables, utilizando la aplicación de Google Earth, esta ruta se realizaría de manera semanal.
2. El encargado de la gestión de los residuos del CATIE, proporcionó un factor de distancia/consumo para el vehículo que se utiliza en la recolección de residuos del lugar.
3. El consumo del vehículo se determinó multiplicando la distancia obtenida (paso 1), con el factor proporcionado (paso 2).
4. Para determinar el costo del combustible, se multiplicó el consumo obtenido (paso 3), por el precio del diésel conseguido de la página de la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE).
5. Por último, el costo del combustible se multiplicó por 4,33, ya que, es el resultado de dividir las 12 semanas del año entre los 12 meses, para determinar el costo de manera mensual.

El cálculo asociado al salario del personal encargado de la recolección de los residuos, el montaje de las composteras y la limpieza de las cubetas se determinó de la siguiente forma:

1. Se contempló el número de horas requerido para el cumplimiento de las labores especificadas anteriormente. Mediante consultas al personal del CATIE, se obtuvo que para la realización de las tareas se necesita de 8 horas de trabajo a la semana.
2. Se buscó el salario decretado por el Ministerio de Trabajo para la ocupación de misceláneo (trabajador en ocupación no calificada genérico).

3. Mediante la calculadora en línea de la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS) se determinó las cargas sociales para el salario obtenido en el paso 2.
4. Se multiplicó el número de horas que trabajaría la persona (paso 1), por el valor del salario obtenido (paso 3).
5. Por último, el salario se multiplicó por 4,33 para determinar el costo de manera mensual.

Por último, se determinó el costo asociado a el material estructurante necesario para el montaje de las hileras, este se efectuó de la manera que se explica a continuación:

1. Mediante los estudios de composición se determinó la cantidad máxima promedio de residuos biodegradables generados semanalmente en la zona residencial.
2. Con datos obtenidos a través de la literatura, se identificó el volumen de material estructurante que se debe utilizar para la cantidad de residuos biodegradables determinados en el paso anterior. El material estructurante está conformado por paja, aserrín y hojas secas.
3. Se cotizó en diferentes comercios de la zona el precio del aserrín y de la paja, para las cantidades requeridas obtenidas del paso 2.
4. Por último, el precio obtenido para la paja y el aserrín se multiplicó por 4,33 para determinar el costo de manera mensual.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la presente sección se realiza un análisis de los datos obtenidos a través de los estudios de composición y encuestas que permitieron identificar las barreras y sesgos que dificultaban una correcta separación, además se describe el diseño de las intervenciones utilizadas y se evalúa su efectividad a través de los resultados obtenidos por medio de estudios de composición. Por último, se desarrolla una propuesta para el tratamiento de los residuos biodegradables de la zona residencial.

4.1 Determinación de la cantidad y composición de los residuos

A continuación, se realiza un análisis de los datos obtenidos a través de los estudios de generación y composición, realizados para los residuos sólidos ordinarios de la zona residencial del CATIE.

Cabe mencionar que, al momento del estudio los puntos de separación de la zona residencial se encontraban conformados por tres contenedores, uno respectivamente para: valorizables, biodegradables y no valorizables. En la siguiente figura se puede observar un ejemplo de los residuos recolectados un miércoles, este día se destina para la recolección de los residuos que se encuentran en el contenedor de residuos valorizables.



Figura 4.1. Muestra de residuos valorizables recolectados el miércoles 9 de septiembre del 2020.

Los residuos recolectados este día tienen el potencial para ser valorizados a través del gestor con el que cuenta la institución. Sin embargo, la mayoría vienen mezclados y contaminados.

Al manipular los residuos era fácil observar que los recipientes o empaques estaban sucios, por ejemplo, latas de conserva con restos comida o envases sin ser lavados previamente. Otro problema identificado, es que al colocar los residuos en los puntos de separación normalmente lo realizaban sin bolsa y sin separar.

En el caso del jueves que es el día que se destina a la recolección de los residuos que se encuentran en los contenedores de no valorizables y biodegradables, se identificó que a pesar de que hay contenedores específicos los residuos recolectados se encontraban totalmente mezclados. Las bolsas contenían residuos no valorizables combinados con biodegradables, además, al analizarlos en menor proporción se podían observar residuos valorizables en las bolsas. Otro punto importante, es que, los residuos biodegradables ocasionaban que los residuos estuvieran muy contaminados. En la Figura 4.2 se puede apreciar cómo se hallaban la mayoría de las bolsas recolectadas los jueves.



Figura 4.2. Muestra de bolsa con residuos no valorizables recolectados el jueves 10 de septiembre 2020.

Este comportamiento también se logra observar en los resultados de los estudios de composición.

4.2 Cantidad y composición total de los residuos

En la Figura 4.3 se aprecia la distribución porcentual de los resultados obtenidos en los muestreos de los residuos recolectados los miércoles. Esto se obtuvo tomando en cuenta los tres sectores y sacando un promedio de generación total de los residuos recolectados los miércoles de la zona residencial.

Se evidencia que un 13%, es decir, 11,40 kg pertenece a la categoría de no valorizables, los cuales son residuos que deben colocarse en el contenedor de residuos no valorizables, como por ejemplo papel higiénico, escombros, empaques metalizados, estereofón, discos compactos (CD, por sus siglas en inglés), vajillas desechables y residuos muy contaminados que no era posible clasificar, como: papel, cajas de cartón, botellas, latas, bolsas plásticas, etc. Por otra parte, se observa que, en las categorías de biodegradables, residuos peligrosos y textiles, su porcentaje de generación es 0%, ya que no se encontraron residuos de estos tipos.

En cuanto a las demás categorías, en el Cuadro 4.1 se muestra la cantidad y el porcentaje de generación semanal promedio. Estos son los tipos de residuos que actualmente son recolectados por el gestor que tiene contratado la institución.

Cuadro 4.1. Cantidad y porcentaje promedio de los residuos recolectados los miércoles de los tres sectores.

Tipo de residuos	Cantidad (Kg)
Papel/cartón	24,20
Cartoncillo	4,90
Plásticos PED y HDPE	11,20
Otros plásticos: LDPE y PP	1,60
Vidrio	20,40
Metales	2,90
Aluminio	3,30
Polilaminados	4,80

En el caso de los residuos eléctricos y electrónicos se obtuvo un promedio semanal de generación de 1,00 kg. Se encontraron materiales como celulares y baterías de celular, que a pesar de que la cantidad encontrada no es significativa, no excluye que sean residuos que requieran un manejo especial. Actualmente el CATIE no brinda opciones para la recolección o recepción de este tipo de residuos dentro de la institución.

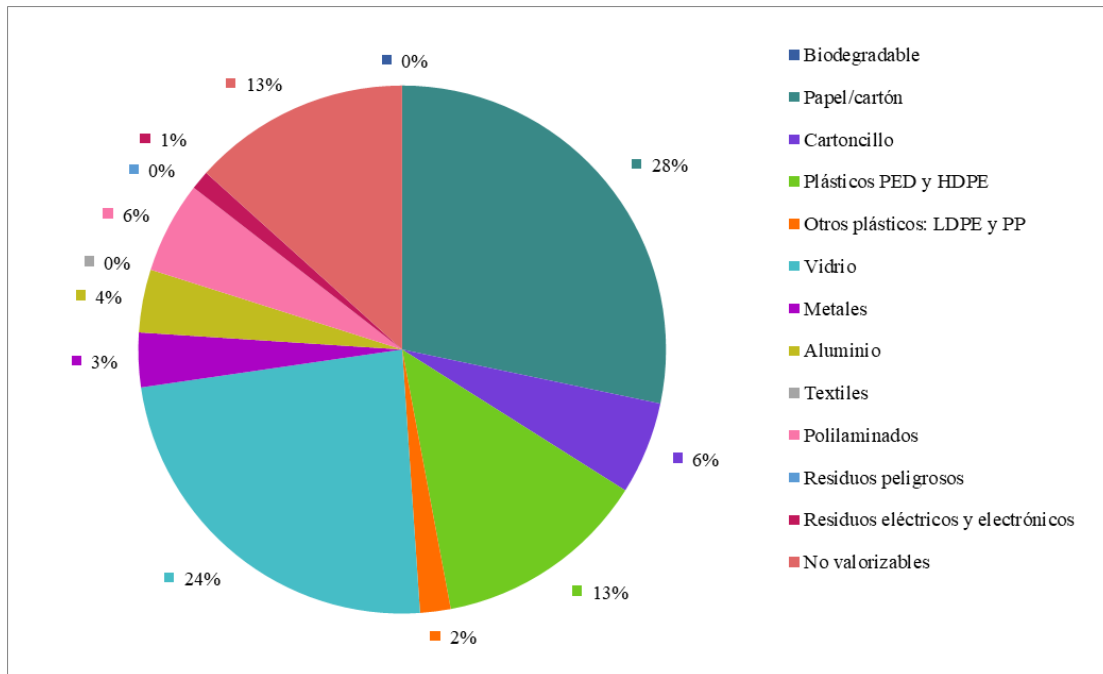


Figura 4.3. Porcentaje de composición de los residuos recolectados los miércoles de los tres sectores.

La Figura 4.4 muestra la composición de los residuos recolectados los jueves (día de recolección de los residuos de los contenedores de no valorizables y biodegradables) correspondientes a todos los sectores, es decir los que se envían para disposición final al vertedero municipal.

Un 67%, es decir, 205,60 kg corresponde a los residuos no valorizables, parte de este porcentaje son residuos que debido su grado de contaminación y mal estado se dificultaba poder clasificarlos en las demás categorías, también se incluyen residuos que no tienen actualmente opciones de valorización por parte del gestor contratado, así como gran cantidad de papel higiénico. Lo que se busca es que ese porcentaje de residuos no valorizables se disminuya al realizar una mejor separación, evitando que se contaminen con lixiviados y residuos biodegradables.

Como se observa en el siguiente gráfico, para los residuos recolectados el jueves, un 24% es decir 75,05 kg lo conforman los biodegradables. Tomando en cuenta los residuos tanto del miércoles y jueves se obtiene que estos representan un 19% del total de residuos generados en la zona residencial.

Se puede considerar un porcentaje pequeño, puesto que se esperaría que esta cifra fuera mayor, debido a que las condiciones de estadía brindan la posibilidad de preparación de alimentos. Además, según Rudín et al., (2019) a nivel nacional un 52% corresponde a residuos biodegradables, es decir, es una fracción que casi triplica el porcentaje obtenido en la zona residencial del CATIE.

En los estudios se evidenció que la mayoría eran cáscaras de frutas y verduras y restos de comida, por lo que se determina que la composición es apta para desarrollar algún proyecto para el aprovechamiento de estos residuos orgánicos como lo es el compostaje.

El 9% restante lo conforman residuos valorizables, en el Cuadro 4.2 se muestra la cantidad y el porcentaje de generación semanal promedio de las diferentes categorías de residuos valorizables. Dando un total de 23,30 kg semanales que son residuos que terminan en el vertedero municipal y podrían llegar a ser valorizados o tratados de manera distinta.

Cuadro 4.2. Cantidad y porcentaje promedio de los residuos recolectados los jueves de los tres sectores.

Tipo de residuos	Cantidad (Kg)
Papel/cartón	3,20
Cartoncillo	1,70
Plásticos PED y HDPE	4,40
Otros plásticos: LDPE y PP	3,60
Vidrio	3,20
Metales	1,20
Aluminio	3,40
Polilaminados	2,80

Por otra parte, se encontraron 1,60 kg de residuos peligrosos, como por ejemplo: restos de medicamentos, bombillos y envases de pintura, es importante evitar que estos residuos sean depositados en el vertedero municipal, ya que, requieren de un manejo diferenciado.

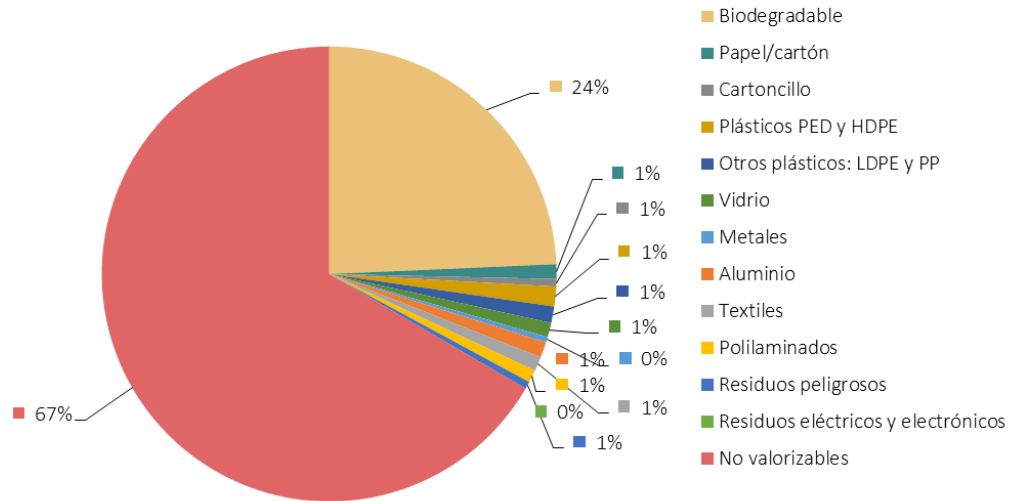


Figura 4.4. Porcentaje de composición de los residuos recolectados el jueves de los tres sectores.

En total se generan 394,25 kg de residuos, 319,20 kg sin contemplar los residuos biodegradables. Al comparar la cantidad de residuos recolectados los miércoles (valorizables) con la cantidad recolectada los jueves (no valorizables), se obtiene la Figura 4.5. Es importante mencionar que estas cantidades consideran los residuos totales recibidos, esto es, lo que los residentes de cada sector consideraron como valorizables y no valorizables independientemente de si están correctamente separados.

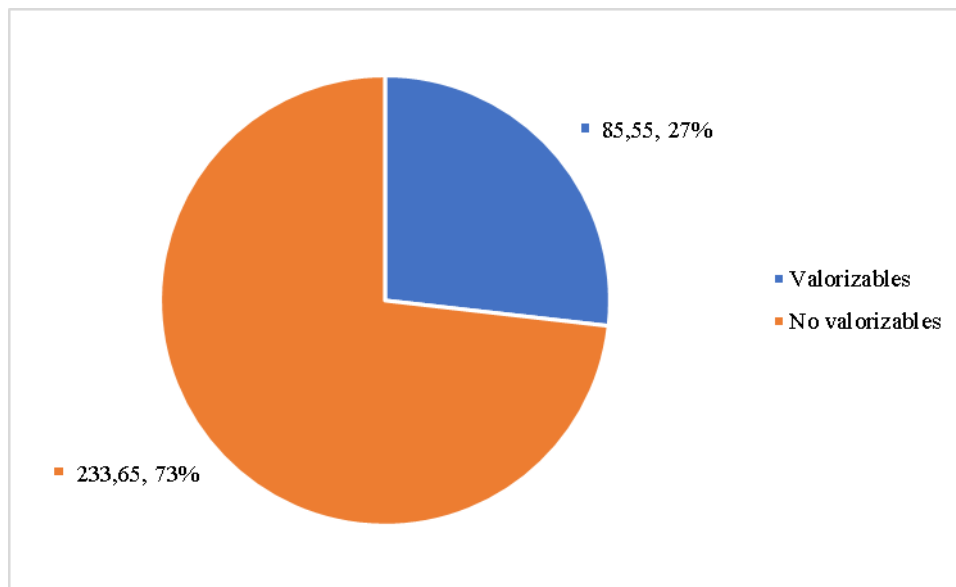


Figura 4.5. Cantidad y porcentaje de residuos que los residentes dispusieron como valorizables y no valorizables.

Sin embargo, si los residuos fueran separados y eliminados el día y en el contenedor correspondiente, se obtendría los porcentajes que se encuentran en el gráfico a continuación, donde los residuos valorizables contemplan los valorizables recolectados tanto el miércoles como el jueves, y los no valorizables está conformado por los residuos no valorizables de ambos días de recolección.

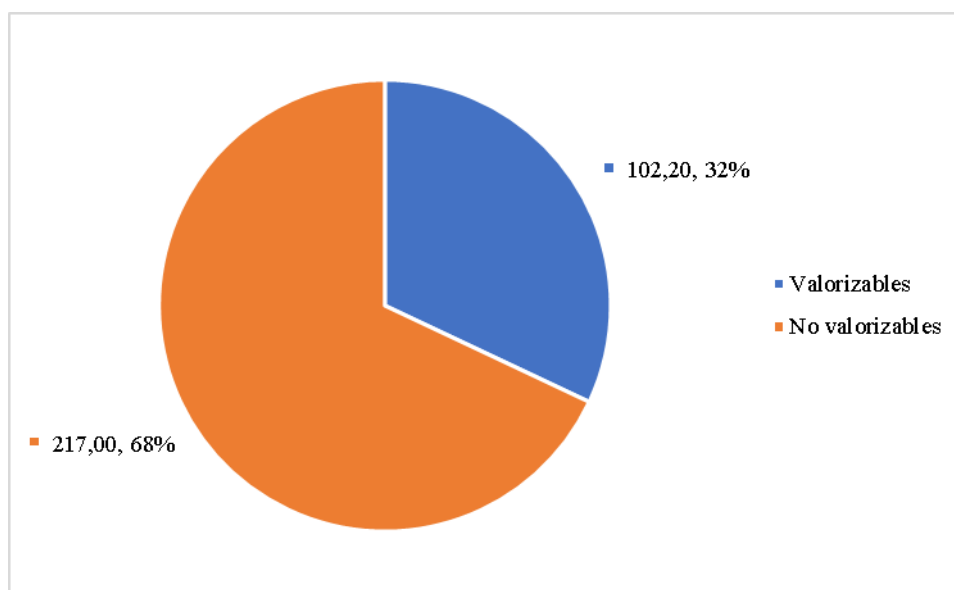


Figura 4.6. Cantidad y porcentaje de residuos valorizables y no valorizables.

4.2.1 Generación de residuos por sector

En cuanto a la generación de residuos por sector, en la Figura 4.7 se puede observar el porcentaje de residuos total (valorizables y no valorizables). El sector 1 cuenta actualmente con 13 casas ocupadas y es el que posee el porcentaje de generación más alto en comparación con los demás sectores, 34% es decir, 135,65 kg semanales.

Los sectores 2 y 3 al momento del estudio poseían la misma cantidad de casas ocupadas (19 casas), sin embargo, el sector 3 obtuvo un porcentaje de generación de 32%, que es menor en comparación con el sector 2 con 34%, respectivamente son 126,00 kg y 132,60 kg de residuos generados por semana.

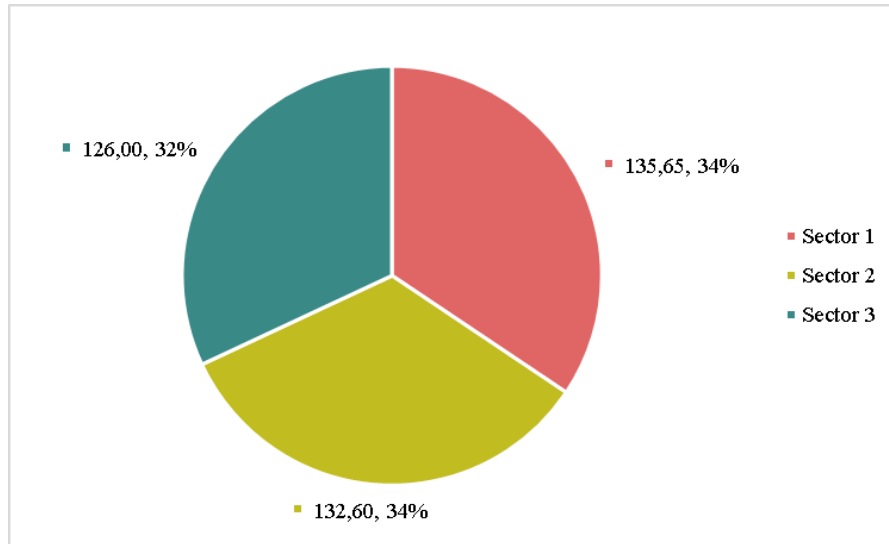


Figura 4.7. Porcentaje de generación total de residuos ordinarios por sector.

En el gráfico a continuación, se comparan las cantidades y los porcentajes que se obtienen al considerar únicamente los residuos que pertenecen a la categoría de valorizables o no valorizables. En el caso de los residuos valorizables se toman en cuenta únicamente los recolectados el miércoles que se encuentran correctamente separados y son los que se entregan al gestor, debido a que los residuos valorizables que son depositados incorrectamente los jueves terminan en el vertedero municipal.

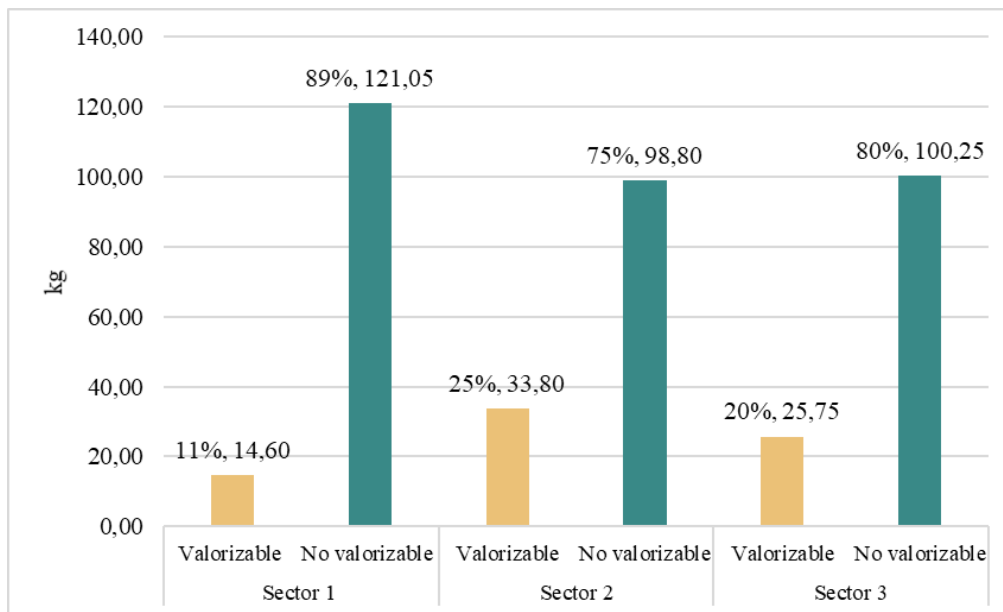


Figura 4.8. Cantidad y porcentaje por sector de residuos valorizable y no valorizable.

En todos los sectores la cantidad de residuos valorizables es menor que los residuos no valorizables. El sector 2 es el que presentó una cantidad mayor de residuos valorizables con un 25%, este sector fue el que tuvo una mejor separación de residuos. En cambio, el sector 1 fue el sector con la menor separación de residuos, con un 11% de residuos valorizables recuperados. Cabe mencionar que, en el gráfico anterior los residuos biodegradables se toman como no valorizables, ya que, actualmente estos residuos no reciben ningún tratamiento.

4.3 Datos obtenidos a través de la encuesta

Al analizar los resultados de los estudios de composición y la situación del lugar, se decidió realizar encuestas para conocer las principales barreras que impiden la correcta separación de residuos, además de la opinión de los residentes, así de esta manera plantear opciones de mejora que se acoplen a las necesidades de las personas. Al momento del estudio había un total de 51 casas ocupadas, se obtuvo respuesta de 40 casas, por lo tanto, 78% de las casas ocupadas respondieron la encuesta.

4.3.1 Caracterización de la población

La encuesta permitió conocer el tipo de población con la que se está trabajando en este estudio, se plantearon preguntas que brindaron información de la población actual.

Por cada una de las casas consultadas, solamente una persona contestaba la encuesta, sin embargo, dentro del instrumento se contemplaron preguntas que permitieron conocer las características de los demás miembros del hogar. De las 40 casas que respondieron, se determinó que son habitadas por 115 personas en total.

En cuanto a las edades de toda la población de la zona residencial, se puede apreciar que el grupo mayoritario lo representan las personas que se encuentran en el rango entre 40 a 64 años, con un porcentaje de 37% y el siguiente grupo con mayor número de personas, son los menores de 18 años con un porcentaje de 29%. En total hay 82 personas mayores de edad y 33 menores de edad.

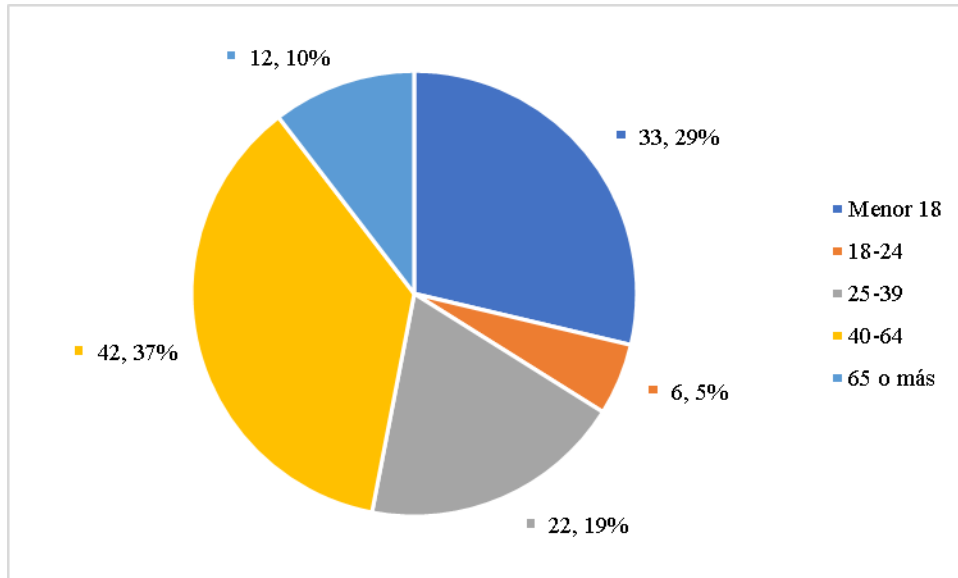


Figura 4.9. Rangos de edad de las personas que integran la población de la zona residencial.

Respecto al género de las 115 personas que se obtuvo información, podemos observar en la siguiente figura que la cantidad de hombres y mujeres dentro del lugar es muy similar. Un 46% son hombres y un 52% son mujeres.

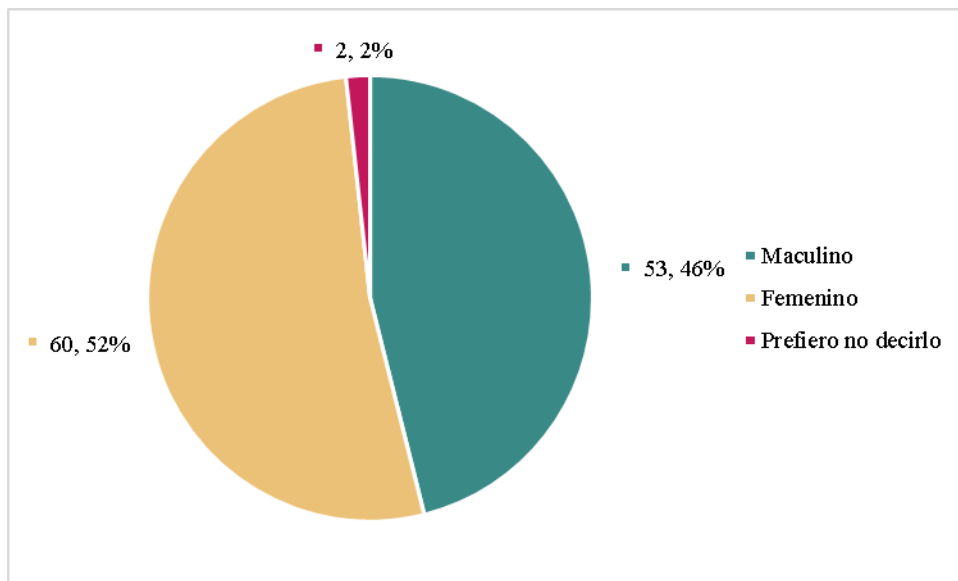


Figura 4.10. Género de las personas que integran la población de la zona residencial.

En cuanto al número de personas por casa, un 30% está compuesto por cuatro habitantes, un 23% por tres y 22% por dos, siendo estos los porcentajes más altos. Esta modalidad de alojamiento está destinada a familias, principalmente para parejas con o sin hijos, sin

embargo, hay siete casas que cuentan con solo un habitante. En la siguiente figura se puede ver el porcentaje para la cantidad de personas por casa.

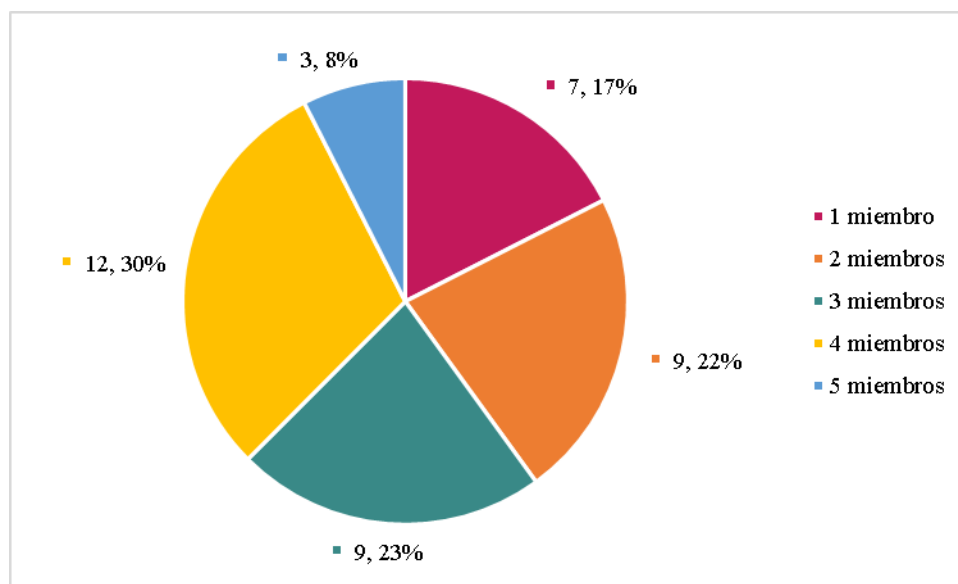


Figura 4.11. Porcentaje de casas con su respectiva cantidad de personas por habitación.

En relación con el nivel de escolarización de los miembros de las casas que contestaron la encuesta, en la Figura 4.12 se puede observar que, el 45% de los encuestados indicaron tener un doctorado y el siguiente grupo mayoritario es de 35% para las personas que poseen una maestría.

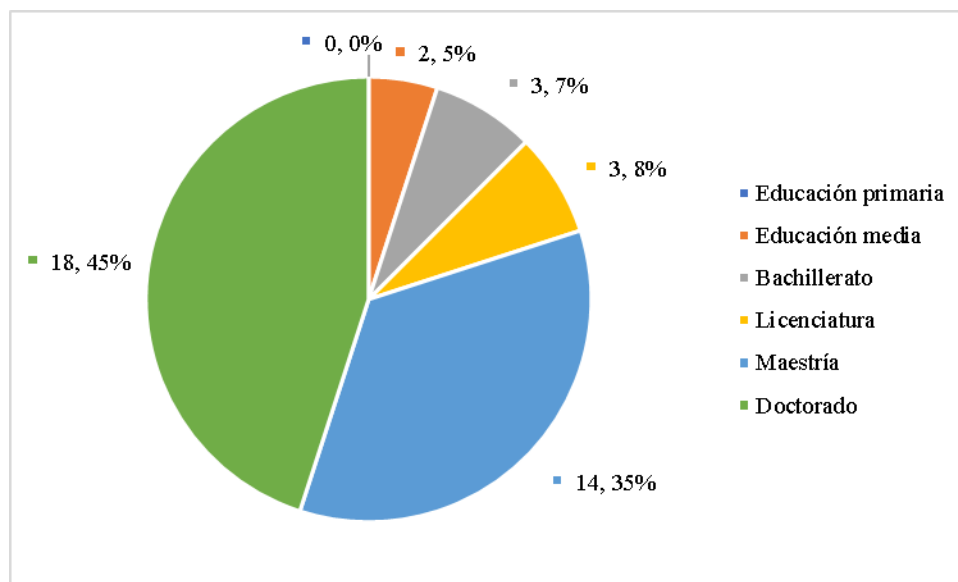


Figura 4.12. Nivel de escolarización de las personas que respondieron la encuesta.

En el siguiente gráfico podemos apreciar el nivel de escolarización de todos los miembros del hogar, este gráfico es más variado porque toma en cuenta tanto a los menores y mayores de edad, inclusive hay un porcentaje de un 10% de personas que por su edad no se han incorporado al sistema educativo o se encuentran en preescolar. Sin embargo, el grupo mayoritario es de personas con maestrías con un 23%.

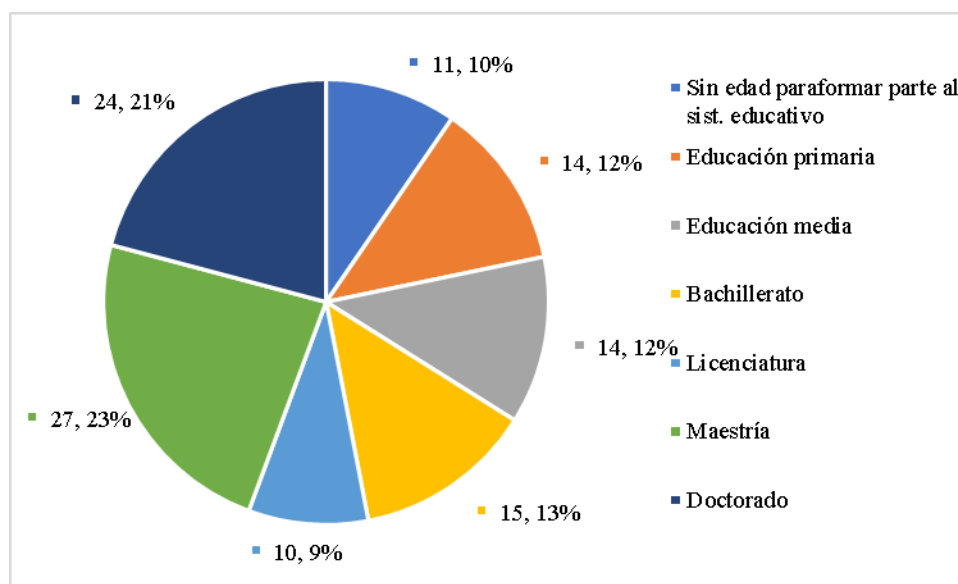


Figura 4.13. Nivel de escolarización de todos los miembros del hogar.

Estos datos permiten identificar que la mayoría de la población con la que se está trabajando en el estudio son personas que cuentan con un nivel alto de escolarización, esto abre la posibilidad de trabajar con un lenguaje técnico a la hora de poner en marcha las mejoras en cuanto a la gestión de residuos.

4.3.2 Información sobre el manejo de residuos

En relación con el tema de los residuos biodegradables, se les preguntó a los encuestados si están dispuestos a realizar compostaje, las respuestas se pueden observar en la Figura 4.14. Un 47% indica que está interesado y le gustaría realizarlo desde su hogar, un 15% indicó que estaría dispuesto pero que el CATIE lo realice en sus instalaciones y un 33% responde que ya lo realiza. Que exista un 33%, esto es, 13 casas que ya realizan compostaje, justifica que la cantidad de residuos biodegradables generados sea menor a la esperada y menor al promedio del país.

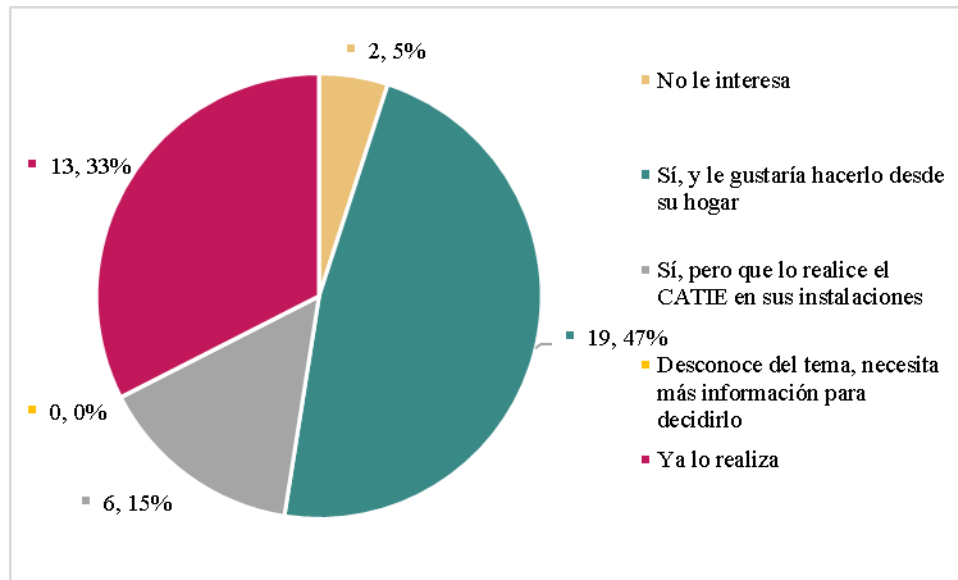


Figura 4.14. Preferencias de los encuestados respecto al tratamiento de los residuos biodegradables.

También se les preguntó si el CATIE les ha brindado información sobre el manejo y separación de los residuos sólidos. Como se muestra en la Figura 4.15 un 70% indica que sí. Cabe mencionar que en el pasado en la institución se han implementado estrategias para la gestión de los residuos sólidos, y esta debe ser una de las razones por las cuales la mayoría de las personas indicó que sí han recibido información, sin embargo, se debe considerar que la ocupación de las casas es variable en el tiempo y que no existe una estrategia de comunicación permanente o al menos para los residentes nuevos.

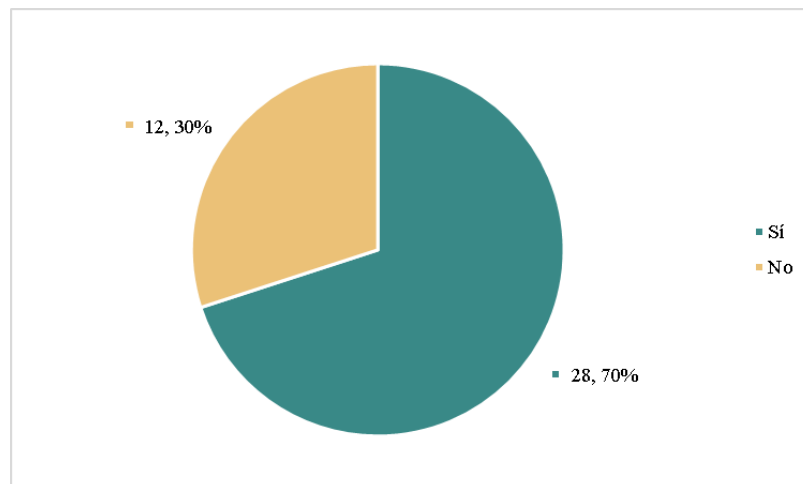


Figura 4.15. Respuesta de los encuestados sobre si han recibido información sobre el manejo y separación de los residuos sólidos.

El tema de residuos es algo que se debe seguir fortaleciendo a lo largo del tiempo, de lo contrario se puede llegar a disolver el trabajo logrado anteriormente. Con la información recolectada en este estudio, se evidencia que es un tema que se debe reforzar dentro de la institución. Algo positivo es lo mostrado en la Figura 4.16, donde un 82% de los encuestados indicaron que estarían dispuestos a colaborar con el buen manejo de los residuos sólidos y un 8% señala que en este momento no sabe cómo hacerlo, pero que estaría dispuesto a hacerlo si se le enseña.

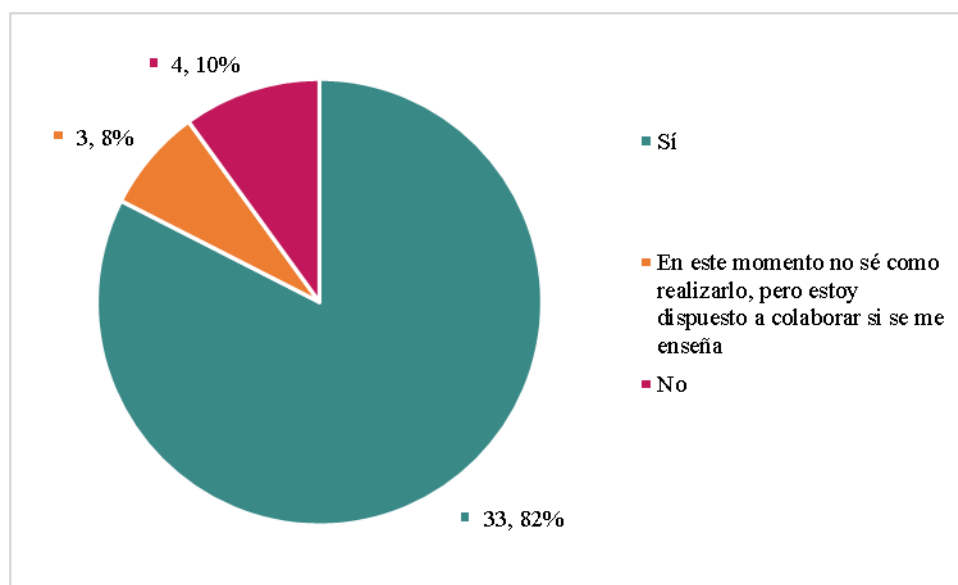


Figura 4.16. Respuesta de los encuestados de acuerdo con su disposición en colaborar con el buen manejo de los residuos sólidos.

La encuesta señaló que falta información en cuanto a los días de recolección. Se les preguntó específicamente por el día que se recogen los residuos valorizables. Como se muestra en la Figura 4.17 un 47% indicó que no sabe y un 45% marcó que se recolectan los jueves, cuando en realidad son los miércoles.

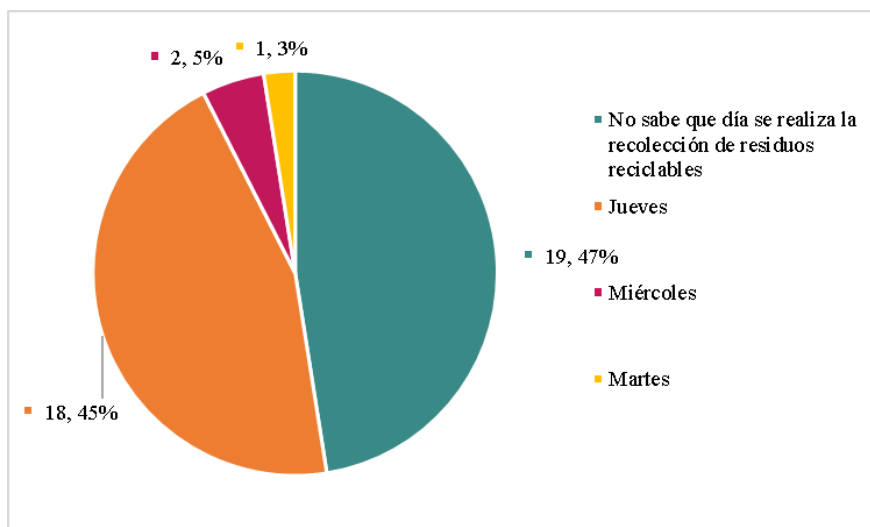


Figura 4.17. Día que seleccionaron los encuestados sobre la recolección de los residuos valorizables.

En la encuesta aplicada se preguntó por aspectos que los residentes afirman que se cumplen para los puntos de separación de la zona residencial, como se observa en la Figura 4.18, 34 personas de las 40 personas encuestadas aseguran que las estaciones cuentan con una ubicación de fácil acceso y cercana a su vivienda.

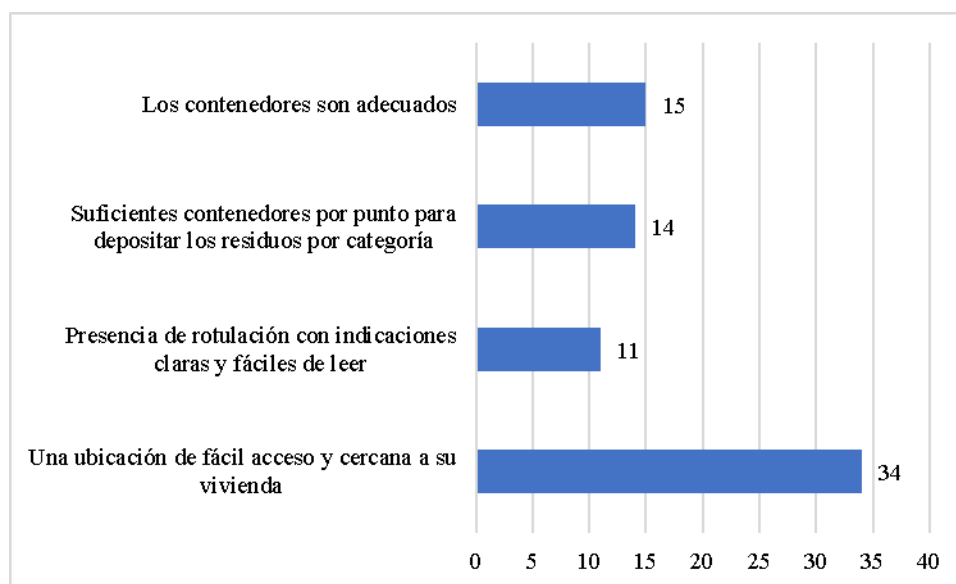


Figura 4.18. Aspectos que los residentes afirman que se cumplen para los puntos de separación.

Esto concuerda, ya que, según el análisis realizado, de las 60 casas que hay en el lugar, 50 casas cuentan con un punto de separación a menos de 30 metros.

Las 10 casas restantes se encuentran a una distancia menor de 60 metros, a excepción de una casa que es la más alejada que hay en el lugar, a 150 metros del punto de separación. Sin embargo, esta casa pertenece a una de las tres casas de residentes cuya tarea de sacar los residuos está subcontratada al personal de limpieza, es decir, que los miembros del hogar no lo tienen que realizar por su cuenta.

La distancia entre la casa y los puntos de separación se relaciona directamente con la disposición y facilidad que van a tener los usuarios en depositar los residuos en los puntos de separación.

Según una guía publicada por la Universidad de Granada (2021), algunas recomendaciones para la distancia de los puntos de separación son:

- Para lo que es residuos biodegradables los usuarios deben tener un contenedor a una distancia máxima de 50 m.
- Para los demás residuos el usuario debe tener un contenedor a una distancia máxima de 100 m.

También hay que tomar en cuenta que el sistema de recolección es más eficiente cuando todos los contenedores para las diferentes fracciones están en el mismo punto (Universidad de Granada, 2021). Tomando estas referencias se puede afirmar que se cumplen estas distancias para los puntos de separación que se encuentran en la zona residencial del CATIE.

En relación con los demás aspectos consultados como: si los contenedores son adecuados, si existen suficientes contenedores por punto de separación y presencia de rotulación con indicaciones claras y fáciles de leer, solo 15, 14 y 11 personas respectivamente de 40 encuestados afirmaron que se cumplen.

Como se puede observar en la Figura 4.19 si bien la infraestructura de los contenedores es aceptable, existen opciones de mejora. Estos cuentan con tapas metálicas en la parte superior, para así evitar que animales puedan entrar a escarbar, además tienen un techo que impide que entre agua que se pueda estancar dentro del contenedor.



Figura 4.19. Puntos de separación en la zona residencial del CATIE.

Solo el 27% de los encuestados consideran que la rotulación tiene indicaciones claras y fáciles de leer, esta es una opción de mejora de bajo costo y que los usuarios indican que es necesaria. El hecho de tener instalaciones que faciliten la tarea de separación juega un papel importante en la percepción de las personas y anima a separar los residuos (Thomas & Sharp, 2013).

Dentro de los comentarios adicionales recibidos como parte de la encuesta, la mayoría eran enfocados en el tema de la rotulación del lugar, algunos ejemplos son:

- “Se debe hacer rotulación con indicaciones claras, restaurar los puntos de recolección, ajustar el centro de acopio institucional, ajustarse a los colores ya establecidos en la estrategia nacional de residuos”.
- “Necesitamos más rotulaciones y más claras al respecto en los basureros a la orilla de la calle”.
- “Debería mejorarse la rotulación y tener información visible sobre los tipos de residuos por contenedores”.

4.3.3 Barreras que impiden la separación adecuada

Para conocer las barreras por las cuales los residentes no separan correctamente los residuos, se les preguntó qué factores insidían en su decisión de separarlos. Como se muestra en la siguiente gráfica, 13 personas indicaron que desconocen que hace el CATIE con los residuos, entonces no saben si vale la pena realizar la separación, 10 indicaron que hace falta información de cómo hacer la separación de acuerdo con lo que el CATIE necesita. Además,

5 personas afirmaron desconocer que hay una recolección diferenciada y esa misma cantidad de personas justificaron la no separación debido a la falta de contenedores.

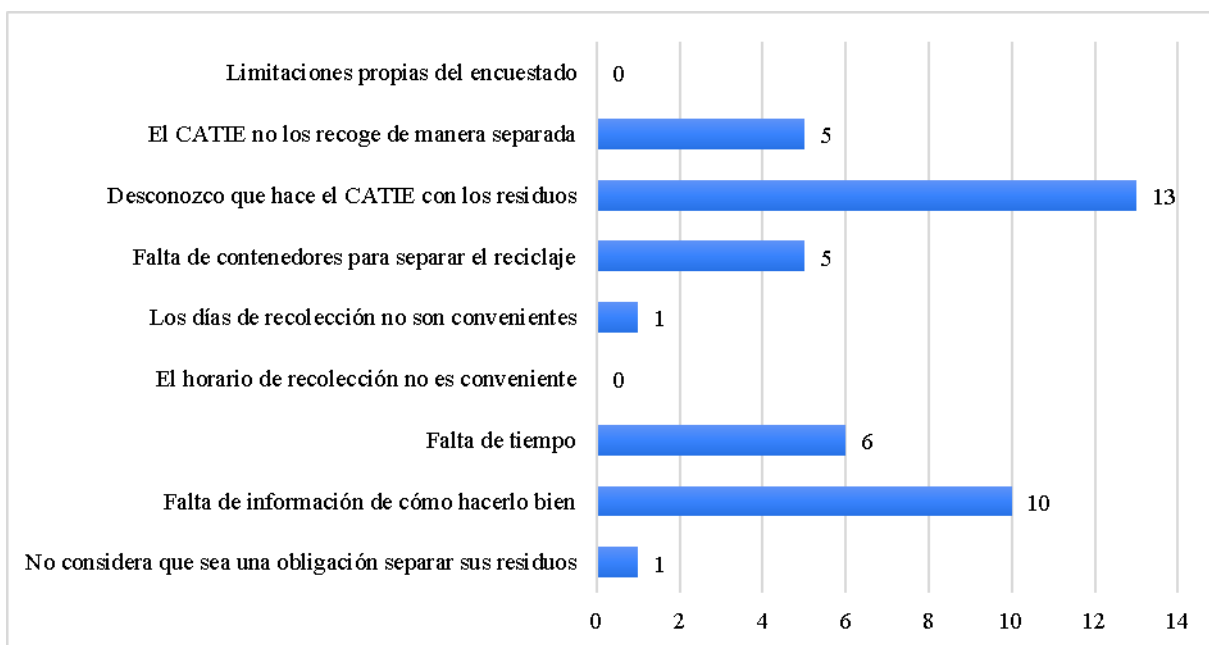


Figura 4.20. Barreras que inciden en la decisión de separar los residuos de los encuestados.

Las respuestas obtenidas demuestran que se debe trabajar en una mejor comunicación e información de la población en el tema de gestión de los residuos sólidos. En la encuesta aplicada se obtuvieron comentarios adicionales donde los residentes indicaron que se debe mejorar la comunicación y brindar información sobre el tema, algunos ejemplos son los siguientes:

- “Información sobre la preparación de los residuos reciclables (lavar, secar...)”.
- “A los que son de fuera y vienen a vivir acá no se les da capacitación. A los estudiantes se les da capacitación, pero falta incluir a las familias”.
- “Más información sobre qué hace CATIE con la basura separada y recogida”.
- “Más información y educación de las personas”.

El hecho de informar a los residentes lo que sucede con los residuos recolectados podría funcionar como un incentivo, ya que se les daría a conocer que si realizan una buena separación estos podrían ser valorizados y evitar que terminen en el vertedor municipal.

En el Cuadro 4.3 se encuentran las barreras identificadas por los encuestados. Estas están enlistadas de manera descendente, es decir, que las barreras percibidas por el mayor número de personas se encuentran en los primeros lugares. Además, se incluyen las razones por las cuales podrían ser percibidas como una barrera.

Cuadro 4.3. Barreras identificadas en este estudio y las razones para ser percibidas como una barrera.

Barrera	Razones para ser percibidas como una barrera
Desconocimiento del manejo que realiza el CATIE con los residuos, entonces no saben si vale la pena realizar la separación	Los encuestados no perciben o desconocen que existe un manejo de los residuos recolectados dentro del lugar y esto ocasiona una falta de interés o la duda de que si al hacerlo están contribuyendo de alguna forma.
Falta de información de cómo realizar la separación de residuos de acuerdo con lo que el CATIE necesita	A partir de la encuesta, se recibieron comentarios sobre la falta de información, de capacitaciones y la necesidad de constantemente informar debido a la llegada de nuevos residentes.
Falta de tiempo	La falta de tiempo se mencionó como una de las razones para no clasificar los residuos, lo cual puede estar relacionado con una desorganización por el desconocimiento de los horarios y días de recolección.
La creencia de que el CATIE no los recoge de manera separada	Existe la creencia que el CATIE no gestiona los residuos valorizables, por lo tanto, las personas perciben que toda la clasificación en los hogares es innecesaria.
Falta de contenedores específicos para separar el reciclaje	En la encuesta se mencionó como un aspecto importante mejorar la rotulación existente e información visible. Actualmente existen rotulación y contenedores de colores, sin embargo, se debe mejorar visualmente su presentación, ya que algunos se encuentran afectados por el paso del tiempo y con colores que no se apegan a la Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos (ENSRVR).
No consideran que sea su obligación separar los residuos	Esto puede ser debido a la falta de indicaciones e información al respecto, así como desconocimiento de la normativa nacional, sin embargo, solamente una persona considera que no es su obligación.
Los días de recolección no son convenientes	Está vinculado con la falta de información. En la encuesta se les preguntó específicamente sobre el día de recolección de los residuos reciclables y solo 2 personas de 40 indicaron el día correcto, es decir que un 95% de los encuestados no sabe los días de recolección.

Los resultados de las encuestas aplicadas fueron fundamentales en la selección de estrategias orientadas en mejorar el proceso de separación. Las principales barreras identificadas se centran en la falta de información y el resto de las barreras encontradas se relacionan directa o indirectamente con este hecho.

Según Linder et al. (2018), en general, entre mayor conocimiento tenga una persona de qué materiales son reciclables, cuándo y dónde son recolectados, es más probable que los separe para su reciclaje, por esta razón como primera intervención se distribuyó una guía sobre la correcta separación de residuos.

4.4 Intervención enfocada en la información

Para las personas que no separan sus residuos lo usual es depositar todo en el mismo contenedor. La finalidad de la guía era cambiar ese comportamiento, fomentando la separación, haciéndola más fácil, reduciendo la confusión sobre lo que se puede y no se puede reciclar, proporcionando información clara sobre qué, cómo y por qué separar correctamente.

La guía cuenta con información de los siguientes aspectos:

- Días y frecuencia de la recolección.
- Explicación de qué residuo se debe depositar en cada contenedor y, del significado del color de los contenedores en las estaciones de recolección.
- Cuáles residuos se reciclan y en qué condiciones se deben depositar.
- Información del manejo que se le da a los residuos después de ser recolectados.

Por otra parte, además de que la guía de reciclaje está enfocada en informar a los vecinos, también se incluyeron empujones de la economía del comportamiento como las normas sociales.

Se utilizaron mensajes de normas sociales descriptivas, enfocados en la separación y el reciclaje. Uno de los mensajes utilizados fue “únase a sus vecinos, separe y recicle sus residuos”. Se espera que este tipo de frases sean más efectivas que un mensaje normativo de protección ambiental que son comúnmente utilizados, como “proteja el medio ambiente separando y reciclando sus residuos”.

Otra herramienta utilizada en la guía de reciclaje fueron frases tangibles e identificables, por ejemplo:

- “Actualmente en la zona residencial del CATIE, se generan 20 toneladas de residuos al año lo que equivale al peso de 16 automóviles”.
- “De esos 16 automóviles unos 13 terminan en el vertedero municipal y solo 3 terminan siendo reciclados”.
- “Solo con mejorar la separación de los residuos se podría obtener el peso equivalente de 8 automóviles de material reciclable en lugar de 3”.

Presentar la información de una manera tangible aumenta la probabilidad de que el mensaje sea entendido y recordado.

Por otra parte, la encuesta permitió descubrir que los residentes están interesados en mejorar sus prácticas y esto se destacó en la guía de reciclaje mediante la inclusión de la frase:

“En una encuesta enviada recientemente a los hogares de la zona residencial, 36 personas de 40 que contestaron la encuesta declararon que estarían dispuestos a colaborar con el buen manejo de los residuos”.

4.5 Intervención enfocada en factores contextuales

Los puntos de separación están conformados por tres contenedores: residuos valorizables (reciclaje), residuos no valorizables y biodegradables. Los estudios de composición realizados permitieron determinar que los residentes no separan los residuos de acuerdo con la clasificación de los contenedores. Además, en los comentarios adicionales de la encuesta, los residentes expresaron e identificaron como barrera “la falta de contenedores específicos para el reciclaje”.

La Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos (ENSRVR) sugiere utilizar 5 categorías base, con la siguiente denominación y colores para su identificación: 1. orgánicos (verde), 2. envases (azul), 3. aluminio (amarillo), 4. papel y cartón (gris) y 5. ordinarios (negro), basados en la norma INTE12-01-08:2011.

En el lugar ya existe una infraestructura para los puntos de separación con tapas metálicas y techadas, razón por la cual se continuó utilizando la misma infraestructura, pero aplicando cambios para fomentar su correcta utilización.

Parte de las mejoras que se implementaron son las siguientes:

- Se brindó información a las personas por medio de la guía de reciclaje de cuáles residuos se reciclan y cuáles no. También se explicó cuál es el significado del color de cada contenedor.
- Se cambió la rotulación existente por una nueva que fuera más grande y fácil de leer.

- Se volvieron a pintar los contenedores, ya que algunos se encontraban totalmente despintados lo que dificultaba diferenciarlos.
- Se eliminó el contenedor de biodegradables, ya que la finalidad es que queden dos contenedores destinados al material valorizable (reciclaje) y uno para lo no valorizable. Este estudio abarca una propuesta para el manejo de los residuos biodegradables y contempla el uso de otro tipo de contenedores para facilitar su manejo.

En la Figura 4.21 se observa una comparación del antes y el después de los puntos de separación:



Figura 4.21. Comparación del antes y después de los cambios aplicados en los puntos de separación.

El hecho de aumentar la cantidad de contenedores para los residuos valorizables, cambiar la rotulación y volver a pintar los contenedores, es una estrategia basada en el empujón de cambiar la prominencia de las opciones. Se espera que al modificar las características físicas del contexto sea más fácil para los residentes seleccionar el correspondiente y no tengan que realizar un esfuerzo mental en seleccionar la opción correcta.

Las intervenciones basadas en factores contextuales, como aumentar la proximidad o el número de contenedores, cambiar su apariencia o proporcionar equipos domésticos para clasificar los desechos, mejoran la participación de la comunidad en los programas de reciclaje (Pierini et al., 2021). La finalidad es que, con estos cambios implementados, tanto en la parte informativa como en la visual se facilite la tarea y despierte un interés por parte de los residentes a realizar una correcta separación de sus residuos.

4.6 Intervención enfocada en normas sociales

Las normas sociales o los estándares de comportamiento son factores claves para moldear un comportamiento esperado. La norma social se basa en que los individuos se sienten presionados a actuar de una manera socialmente aceptable cuando interactúan con otras personas. También miran las acciones de los demás para tener una idea de cómo deberían comportarse (Slooten, 2017).

Este principio se ha utilizado en varios estudios con la finalidad de lograr que los individuos dentro de una comunidad cumplan un comportamiento específico, ya que el patrón típico es que sigan la norma social.

En el caso de este estudio se diseñaron etiquetas con el fin de concientizar sobre cómo se encuentra la separación de los residuos de un sector de residencias en comparación con los otros sectores. Para esta comparación se utilizaron los tres sectores definidos para los estudios de composición.

Los estudios de composición mostraron la cantidad recuperada de residuos valorizables, el sector 1 fue el que obtuvo el menor porcentaje de 11%, seguido por el sector 3 con 20% y por último el sector 2 con el mayor porcentaje de 25%, (ver Figura 4.8).

Las etiquetas enviadas fueron dirigidas a los tres sectores. A los hogares del sector 2 que tienen el porcentaje mayor de separación, con mensajes para alentar a que mantuvieran ese buen desempeño y recordándoles seguir las especificaciones de la guía de reciclaje (ver Figura A. 6. 1 del Apéndice 6). A los hogares que pertenecen a los sectores 1 y 3 que tienen porcentajes de separación inferiores al sector 2, se les envió un mensaje distinto, donde se les indicaba que su casa se ubica en el sector que separó menos residuos en comparación a otros sectores, además de incitarlos y motivarlos a mejorar su separación (ver Figura A. 6. 2 del Apéndice 6).

4.7 Intervención enfocada en la planificación

Según Slooten (2017), la planificación es importante para abordar los desafíos logísticos y procrastinación. Incluso cuando hay una buena voluntad por parte de las personas, pero no

existe una buena planificación y comunicación puede llegar a ser un obstáculo para que las personas realicen las acciones. La planificación es una estrategia enfocada en contestar el qué, cómo y cuándo.

La finalidad de este incentivo es introducir una herramienta de planificación simple para ayudar a los hogares a integrar la separación de residuos en sus rutinas. El material de apoyo consistió en distribuir por medio del correo electrónico información para recordar los días de recolección y en cuál contenedor depositar los residuos de acuerdo con si es reciclable o no.

Tanto el incentivo de norma social como el de planificación se enviaron de manera personalizada, al enviar el correo se incluía el nombre de la persona a quien iba dirigido. El objetivo es que la persona que reciba el mensaje tenga un mayor interés en leerlo.

En el mensaje se sobresaltaba la información más relevante, para que la persona que lo leyera pusiera mayor atención. La información más importante era la que indicaba los días de recolección, cuáles residuos son los valorizables y el contenedor correspondiente para cada residuo.

También se incluyó de manera gráfica, la importancia de separar y disponer los residuos el día y en el contenedor correspondiente, ya que, al recordarle las consecuencias de sus actos a las personas se les puede motivar a realizar su separación de una mejor forma. Finalmente, se incluye un mensaje recalcándole a los vecinos su importancia y responsabilidad dentro de la gestión de los residuos de la institución. En el Apéndice 7 se muestra el mensaje enviado.

En el siguiente cuadro se encuentran un resumen de las intervenciones diseñadas y los empujones utilizados para cada sesgo y barrera identificada.

Cuadro 4.4. Resumen de los empujones utilizados en este estudio y su relación con las barreras y sesgos identificados.

Empujones	Ejemplo de la aplicación intervenciones	Sesgos y barreras			
		Falta de información	Status quo	Heurística de la disponibilidad	Egoísmo limitado
		Produce ambigüedad y dificulta la toma de decisiones	Tendencia a elegir lo que se me ofrezcan de manera predeterminada	Fundamentación de decisiones en la información que se dispone en el momento	“Estoy bien pues hago lo mismo que quienes me rodean”
1. Guía sobre la correcta separación de residuos					
Información	Información de los días de recolección, residuos que son reciclables, explicación de los colores de los contenedores...	X			
Normas sociales	Mensajes como “únase a sus vecinos, separe sus residuos”.				X
Simplificación	Frases tangibles e identificables.			X	
2. Mejoramiento de las estaciones de recolección					
Cambiar la prominencia de las opciones	Aumentar el número de contenedores para valorizables.		X		
Simplificación	Sustituir la rotulación por una más visible.			X	
Incrementar la facilidad y la conveniencia	Volver a pintar los contenedores y definir el significado de los colores por medio de la guía.	X	X		
3. Intervención enfocada en normas sociales					
Etiquetas comparativas	Con la finalidad de notificar a los hogares si la cantidad de residuos generaos semanalmente está por encima o por debajo del promedio de los demás hogares.				X
4. Intervención enfocada en planificación					
Correos recordatorios	Correos personalizados con la finalidad de recordar los días de recolección y su importancia.	X		X	

Al enviar las intervenciones se obtuvo una respuesta positiva por parte de los residentes, se mostraron receptivos e interesados, remitiendo mensajes de agradecimiento, consultas y notificando el recibimiento del correo. No se recibieron mensajes con respuestas negativas o pidiendo que no se les enviara más correos.

4.8 Resultados de las intervenciones realizadas

Después de aplicar las cuatro intervenciones se ejecutaron estudios de composición con la finalidad de compararlos con los resultados de los estudios realizados previamente, para determinar cambios en cuanto a la composición y generación de residuos de la zona residencial. Los estudios se iniciaron dos semanas después de la última intervención, al igual que los estudios anteriores para la obtención de los datos se hizo un duplicado de los tres sectores.

Al realizar los estudios para los residuos recolectados los miércoles, que se destina a la recolección de residuos del contenedor de valorizables, los residuos se encontraban limpios y separados. En la siguiente imagen se muestran ejemplos de bolsas recolectadas ese día.



Figura 4.22. Muestra de bolsas de residuos valorizables recolectados el miércoles 9 de junio del 2021.

En la Figura 4.23 se compara la cantidad de residuos valorizables recolectados el miércoles antes y después de las intervenciones, para todos los tipos de residuos valorizables se aumentó la cantidad recolectada ese día. En el caso de los residuos peligrosos aumentó su cantidad porque se encontraron varias latas de pintura, y los residuos eléctricos y electrónicos

se disminuyó, sin embargo, estos dos tipos de residuos no deben ser dispuestos en los contenedores de valorizables y correspondería recolectarlos de manera separada para darles el manejo que requieren.

También, se encontraron residuos no valorizables, es decir que hay personas que siguen depositando estos residuos en el contenedor de valorizables, sin embargo, su cantidad disminuyó y se obtuvo una reducción de 23%.

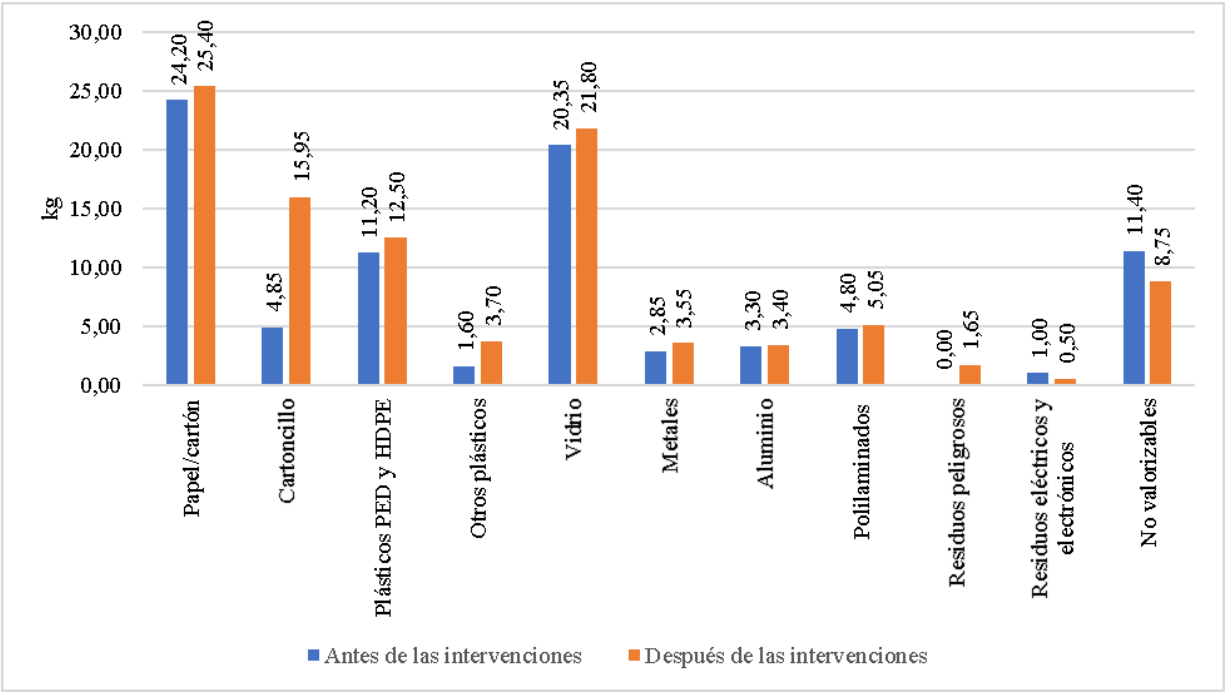


Figura 4.23. Comparación de las cantidades recolectadas de residuos los miércoles antes y después de la aplicación de las intervenciones.

En el Cuadro 4.5 se encuentra los porcentajes de aumento para los residuos valorizables recolectados el miércoles. Las categorías que tuvieron mayor aumento fueron otros plásticos: LDPE y PP y cartoncillo, para las demás categorías el aumento no fue tan representativo, pero el hecho de que aumentaran es un escenario positivo que demuestra que las intervenciones tuvieron respuesta, pero se debe continuar con la aplicación de estos estímulos informativos, recordatorios y comparativos, para evitar que se disuelva el avance logrado.

Cuadro 4.5. Porcentaje de aumento de los residuos valorizables recolectados el miércoles.

Tipo de residuos	Porcentaje
Papel/cartón	5%

Tipo de residuos	Porcentaje
Cartoncillo	229%
Plásticos PED y HDPE	12%
Otros plásticos: LDPE y PP	131%
Vidrio	7%
Metales	25%
Aluminio	3%
Polilaminados	5%

Como se mencionó anteriormente se eliminó el contenedor de los residuos biodegradables y se les notificó a los residentes que estos residuos debían ser tratados a nivel domiciliario porque el CATIE aún no cuenta con un tratamiento. Sin embargo, se encontraron residuos de este tipo al realizar los análisis de los residuos recolectados los jueves, es decir, que algunos residentes depositan estos residuos en el contenedor de no valorizables, si se disminuyó su cantidad, ya que paso de 82,00 kg como máxima cantidad recolectada a 69,20 kg, pero que se depositen en este contenedor ocasiona problemas de malos olores y contaminación de los otros residuos. Es evidente que es necesario poner en marcha un tratamiento para este tipo de residuos, ya que, de esta manera se disminuiría la cantidad de residuos que es enviada al vertedero municipal y se eliminaría problemas de malos olores y animales que llegan a los contenedores.

Con respecto a los residuos recolectados los jueves, también se encontraron residuos valorizables, pero esta vez en menor cantidad, en la Figura 4.24 se compara la cantidad de residuos valorizables recolectados los jueves.

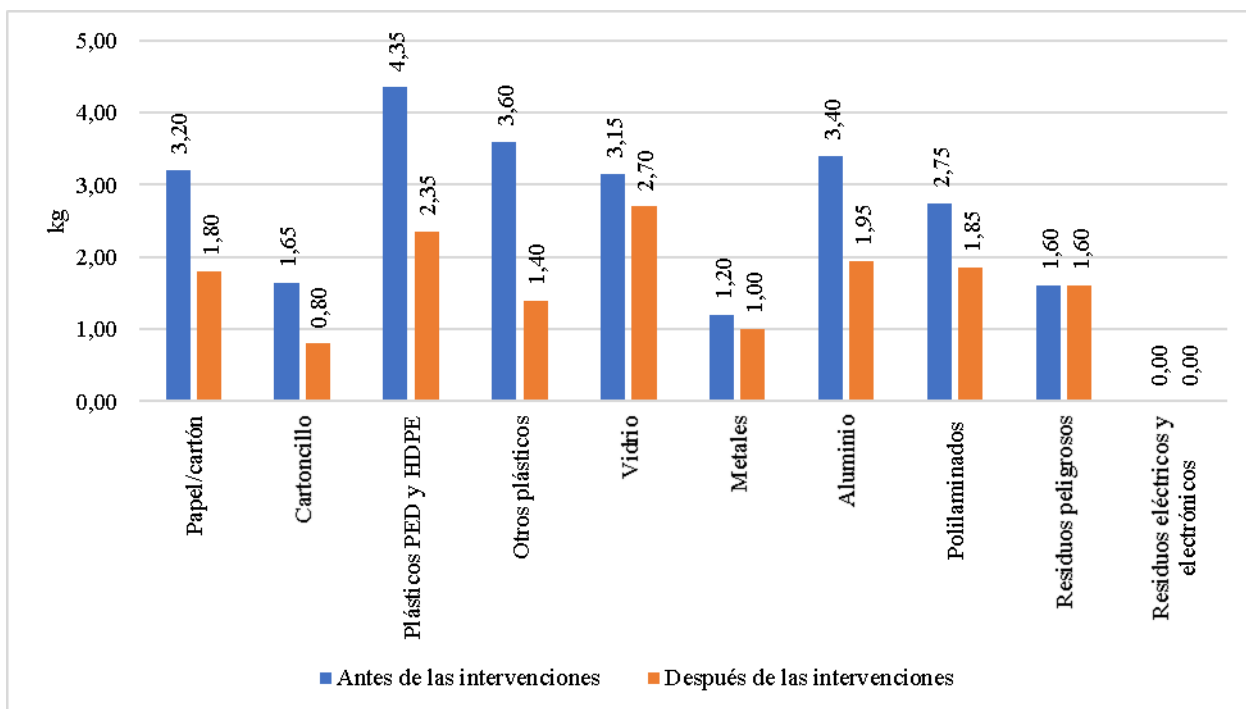


Figura 4.24. Comparación de las cantidades recolectadas de residuos valorizables los jueves antes y después de la aplicación de las intervenciones.

Como se muestra anteriormente las cantidades de residuos valorizables recolectados los jueves disminuyó, sin embargo, se debe seguir trabajando para lograr que no se disponga ningún tipo de residuo valorizable en el contenedor de los residuos no valorizables. En el Cuadro 4.6 se presentan los porcentajes de reducción de los residuos valorizables presentes en los residuos recolectados los jueves.

Cuadro 4.6. Porcentaje de disminución de los residuos valorizables recolectados el jueves.

Tipo de residuos	Porcentaje
Papel/cartón	44%
Cartoncillo	52%
Plásticos PED y HDPE	46%
Otros plásticos: LDPE y PP	61%
Vidrio	14%
Metales	17%
Aluminio	43%
Polilaminados	33%

En cuanto a la cantidad de residuos no valorizables recolectados el jueves se obtuvo una reducción de un 21%, en el siguiente gráfico se observan la cantidad de residuos no valorizables recolectados para ese día.

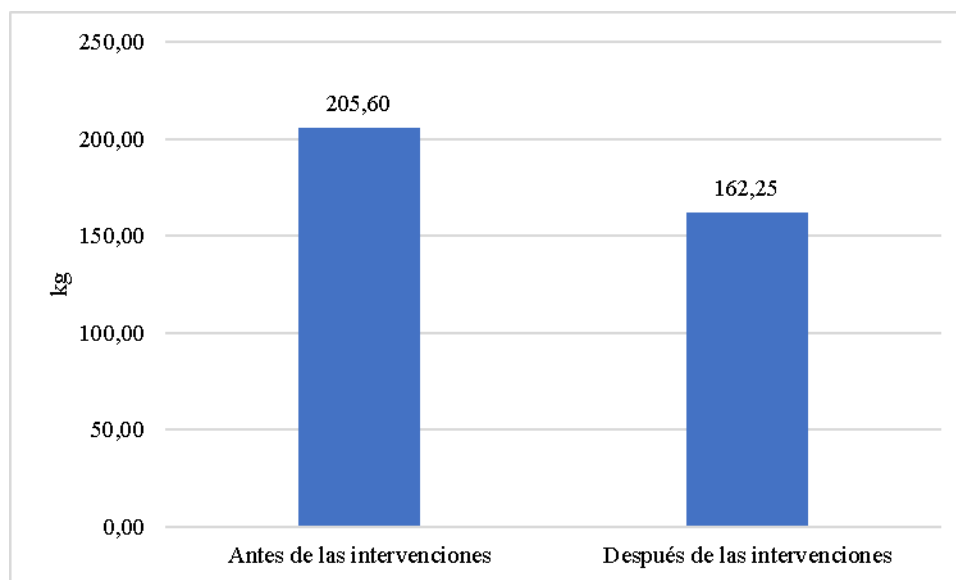


Figura 4.25. Comparación de la cantidad de residuos no valorizables recolectados los jueves antes y después de las intervenciones.

Al analizar los resultados por sector se obtiene las siguientes cantidades de residuos valorizables y no valorizables. Para los residuos valorizables se toma en cuenta únicamente los recolectados el miércoles que se encuentran correctamente separados y que son los que se entregan al gestor y los residuos biodegradables se toman en cuenta como residuos no valorizables.

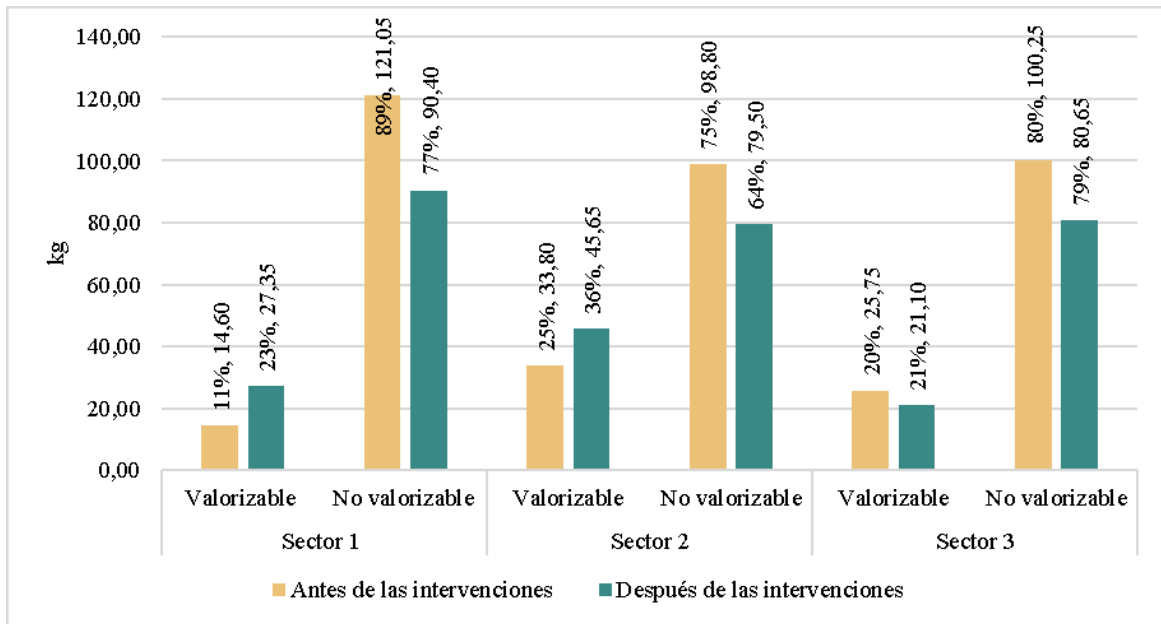


Figura 4.26. Comparación del antes y después de las cantidades de residuos valorizables y no valorizables por sector.

Un problema evidente en el caso de las intervenciones basadas en la comparación social es que los grupos cuyo comportamiento está por debajo del promedio será muy diferente de aquella de los que tienen un comportamiento mejor al promedio (BID, 2019). Los grupos que son notificados con un comportamiento mayor al promedio existe el riesgo de provocar un efecto “boomerang” y ocasionar que no continúen de esta manera al saber que hay otros grupos que se encuentran debajo del promedio.

Sin embargo, en el caso de este estudio no ocurrió, el sector 2 fue el que recibió etiquetas indicándoles que su sector separó más residuos en comparación con los demás. En la Figura 4.26 se observa que para el sector 2 y 1 la cantidad de residuos valorizables recuperados aumentó después de la aplicación de las intervenciones. Además, la cantidad de residuos no valorizables disminuyó para todos los sectores.

En cuanto a la cantidad de residuos generados por los tres sectores tanto de residuos valorizables como no valorizables, se logró disminuir la generación en un 13%, es decir, se generaron 49,60 kg de residuos menos. La recolección de residuos valorizables aumentó en un 27% y los residuos no valorizables disminuyeron en 22%.

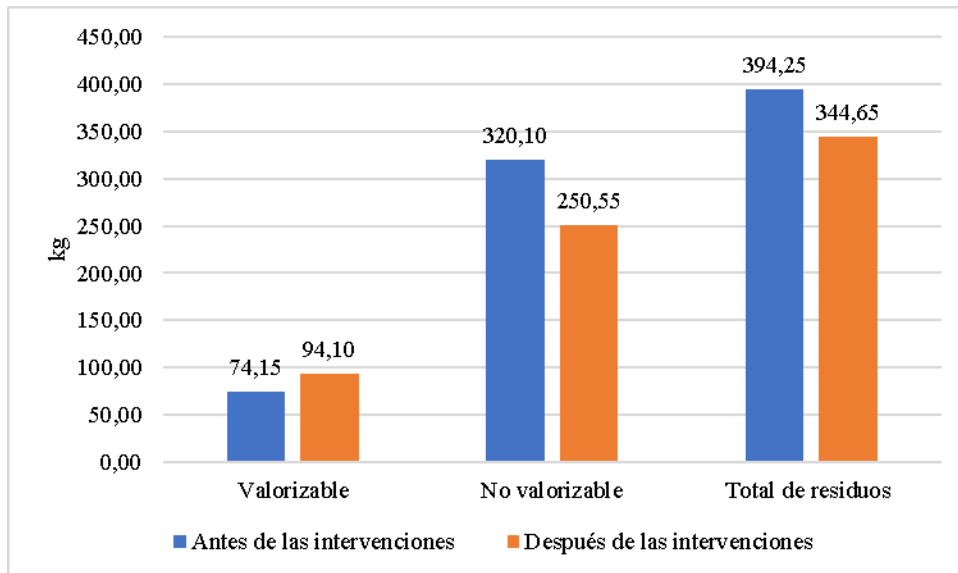


Figura 4.27. Comparación de la cantidad de residuos valorizables, no valorizables y del total de residuos antes y después de la aplicación de intervenciones.

A pesar de que se sabe que en el país existen múltiples obstáculos a nivel de infraestructura, cobertura, acceso y la frecuencia de un servicio que le garantice a los ciudadanos la recolección de residuos selectiva, este estudio es un ejemplo de que lograr altos porcentajes de residuos para el reciclaje va de la mano de factores de comportamiento y hábito.

En países donde se ha normalizado la separación de residuos para el reciclaje demuestran que la normalización y la presión social ejercida por el conocimiento de que otros “reciclan”, ha tenido un efecto positivo en el comportamiento de la separación de residuos. La provisión de instalaciones que hace que sea “más fácil de hacer”, ha animado a la gente a separar correctamente. Las tareas de reciclaje se han convertido en parte de las rutinas diarias del hogar que requieren un esfuerzo mínimo y se han vuelto habituales (Thomas & Sharp, 2013).

Esta información nos indica que, incrementar el reciclaje va más allá que brindar el servicio de recolección e infraestructura, también depende del comportamiento de las personas. Los viejos hábitos son difíciles de modificar, pero la economía del comportamiento abre una gama de soluciones directamente enfocadas en lograr modificar el comportamiento de manera que mejore las elecciones individuales y los resultados colectivos.

4.9 Propuesta para el manejo de los residuos biodegradables de la zona residencial del CATIE

Al momento de realizar los estudios de composición se identificaron dos motivos por los cuales no se hace la separación de residuos biodegradables. El primero fue que a pesar de que se tuviera un contenedor específico para los residuos biodegradables, las personas no disponían sus residuos de manera segregada, debido a que en el lugar no existía una cultura de separación. Asimismo, en la encuesta aplicada al preguntar: ¿qué aspectos considera que se deberían de cambiar o mejorar en el sistema de recolección?, se recibieron comentarios adicionales como:

- “Señalar que claramente NO existe un contenedor para residuos orgánicos pues CATIE no los recoge aparte”
- “Qué hacen con los residuos orgánicos?”
- “Recolectar específicamente residuos orgánicos”

El segundo motivo identificado fue que la manera en que se recolectaban los residuos ocasionaba que durante el transporte se mezclaran los diferentes tipos, debido a que simplemente se volteaba el contenedor en el tractor recolector.

Al volver a realizar los estudios de composición después de haber aplicado las intervenciones, se encontró que a pesar de que se eliminó el contenedor de los residuos biodegradables y se les indicó trata los residuos de manera domiciliar debido a que por el momento el CATIE no cuenta con un tratamiento para estos, se encontró que aún existe una cantidad de residuos biodegradables recolectados los jueves. Esto refleja que es necesario implementar un tratamiento para los mismos, debido a que existe un porcentaje de residentes que siguen depositando los residuos biodegradables combinados con los residuos no valorizables.

La propuesta está enfocada en tratar estos residuos de la zona residencial de manera centralizada, y que sirva como base para que posteriormente se pueda utilizar el mismo sistema para tratar los demás residuos biodegradables generados en distintas partes del campus.

Como se mencionó anteriormente, la propuesta se basa en una logística utilizada en Santa Catarina, Brasil, donde se inició un movimiento conocido como “la revolución de los baldes” en el 2008. La logística implementada en este país para el manejo comunitario de los residuos biodegradables se aplica de la siguiente manera:

1. Cada hogar se encarga de almacenar en un recipiente los residuos biodegradables generados, puede ser un recipiente pequeño de 3 L. El tamaño del recipiente depende de la cantidad de residuos que genere el hogar.
2. Los residuos biodegradables almacenados en el hogar se depositan en contenedores más grandes, esta tarea se puede realizar varias veces a la semana dependiendo de la cantidad de residuos generados. Los contenedores se ubican en las estaciones de recolección comunitarias, estos deben ser fáciles de manipular y de alzar, se pueden utilizar recipientes de 20 a 50 L.
3. Los contenedores son recolectados semanalmente de las estaciones de recolección y al mismo tiempo se remplazan por uno limpio, posteriormente son transportados al sitio donde se lleva a cabo el compostaje.
4. Al llegar al sitio destinado para el compostaje, los contenedores se vacían para iniciar el proceso de tratamiento y en el mismo sitio se limpian para ser utilizados la siguiente semana.
5. El compost producido se pone a disposición de los residentes para que lo utilicen en sus jardines, también se entrega a jardines comunitarios, escuelas o se puede vender para pagar los costos del sistema.

Un modelo con este tipo de logística se puede llegar a aplicar en el CATIE debido a que se cuenta con un sistema de recolección interna, puntos de separación, lugares aptos para implementar el compostaje y la limpieza de los contenedores. Sin embargo, para que se pueda llevar a cabo es necesario añadir elementos al sistema actual.

Para el diseño de la propuesta las tareas necesarias para el manejo de los residuos se dividieron en dos etapas generales, la primera enfocada en la recolección de los residuos biodegradables y la segunda en el manejo de las composteras. Además, se calcularon los costos asociados de implementar la propuesta.

4.9.1 Recolección de los residuos biodegradables

Actualmente en el CATIE los días de recolección son los miércoles para los residuos valorizables y los jueves para los residuos no valorizables, por cuestiones de capacidad del remolque del tractor recolector, sería necesario recolectar los residuos biodegradables de manera individual, es decir, destinar un día a la semana para la recolección de los residuos biodegradables, o que, sea los miércoles antes de la recolección de los residuos valorizables.

Se necesitaría una persona adicional encargada de realizar esta recolección, debido a que la persona que se encuentra realizando la recolección en el lugar no podría por cuestiones de tiempo. También, se debe incluir un recipiente adicional en las estaciones de recolección, con la finalidad de almacenar únicamente los residuos biodegradables y de esta manera evitar que este tipo de residuos contaminen a los demás.

Los estudios de composición permitieron calcular la máxima cantidad de residuos biodegradables generados semanalmente por sector, dando una suma total de 82,00 kg en toda la zona residencial. Como se mencionó con anterioridad al volver a realizar los estudios de composición después de la aplicación de las intervenciones se siguieron encontrando residuos biodegradables, sin embargo, la cantidad máxima obtenida fue de 60,20 kg, razón por la cual para los cálculos se trabajó con los resultados de los primeros estudios de composición.

Actualmente en el CATIE hay 21 puntos de separación distribuidos en la zona residencial, en el Cuadro 4.7 se especifica el volumen de residuos biodegradables que se generan por punto de acuerdo con el sector, ya que unos sectores tienen más puntos de separación que otros.

Para el cálculo del volumen se utilizó una densidad obtenida de un estudio realizado en Guatemala, el cual reportó que los residuos de comida de carácter domésticos presentan una densidad que varía entre 0,131-0,481 kg/m³ y su valor promedio es de 0,291 kg/L (Mejía, 2004).

Cuadro 4.7. Volumen de los residuos biodegradables generados por sector en la zona residencial.

	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Total
Número de casas ocupadas	13	19	19	51
Número de casas que realizan compostaje	3	4	6	13
Masa máxima de residuos biodegradables (kg)	29,60	24,30	28,10	82,00
Volumen (L)	101,72	83,51	96,56	281,79
Puntos de separación	8	9	4	21
Volumen de residuos biodegradables/punto separación (L)	12,71	9,28	24,14	13,42

Con los resultados de los volúmenes de los residuos biodegradables obtenidos por punto de separación, se opta por elegir un recipiente con una capacidad de 30 L, como se muestra en la Figura 4.28. Tomando en cuenta que la cantidad de residuos biodegradables podría aumentar con el tiempo, ya que, al momento de los estudios de composición habían 51 casas ocupadas de 60 y que al implementar un tratamiento centralizado residentes que actualmente realizan compost a nivel de domiciliario, podrían optar por tratar sus residuos de esta manera. Las dimensiones de la cubeta son las siguientes, tiene un diámetro externo de 38,5 cm y altura de 41,6 cm.



Figura 4.28. Cubeta plástica con capacidad de 30 L con tapa.

El recipiente debe tener tapa para evitar que se liberen malos olores y que entre agua de lluvia, esta cubeta es liviana, lo que facilita su manipulación. Esto es necesario porque la propuesta consiste en que los recipientes se sustituyan por uno limpio cada semana, implicando que una persona lo tenga que alzar.

Estos recipientes se ubicarían en cada punto de separación para almacenar los residuos biodegradables. Debido que los recipientes se sustituyen cada semana, se necesitaría un total de 42 cubetas, ya que, es el doble de la cantidad de puntos de separación que hay en la zona residencial.

Por otra parte, las dimensiones del remolque que está unido al tractor que se utiliza para la recolección de los residuos del CATIE son de 0,70 m de alto, 2 m de ancho y 3 m de largo. Al comparar el área del remolque (6 m²), con el área total de las 21 cubetas (2,44 m²), se concluye que en el remolque entran todas las cubetas, por lo que se puede realizar la ruta de recolección completa en un solo recorrido ininterrumpido, sin la necesidad de ir a descargar cubetas para retomar la ruta.

Al determinar la distancia de la ruta en Google Earth se obtiene que el tractor debe recorrer 6 km. Se parte del centro de acopio, lugar donde se guarda el tractor recolector, hasta el edificio de posgrado donde se está llevando a cabo el proyecto AGRO-INNOVA y donde se planea realizar el compostaje de los residuos.



Figura 4.29. Distancia de la ruta de recolección de los residuos biodegradables.

4.9.2 Manejo del compostaje

La técnica de compostaje que se pretende utilizar es un método conocido como compostaje en hileras estáticas de aireación pasiva. Este método es utilizado actualmente por el proyecto

AGRO-INNOVA, es de bajo costo, ha demostrado poseer características que permiten su rápida difusión y que el producto final cumpla con los requisitos de un buen compostaje (Miller & Inácio, 2009).

El método de hileras estáticas aireadas pasivamente se acopla a las características del CATIE, es de bajo costo, necesita de un área extensa para su implementación, requiere poca mano de obra y materiales como aserrín, paja u hojas secas que se pueden conseguir con facilidad en el lugar.

El CATIE cuenta con gran cantidad de espacios verdes que reciben un mantenimiento constante donde se recolectan hojas y pasto, además de contar con una finca donde se produce aserrín y se utiliza paja, lo que facilita la obtención de este tipo de material.

Por otra parte, se tiene al personal del proyecto AGRO-INNOVA que conoce de la técnica y la ha venido implementando recientemente en el lugar. Los encargados del proyecto brindarían la capacitación a la persona que se encargaría de montar las hileras de compostaje.

Este método de compostaje tiene un procedimiento sencillo, su efectividad depende del meticuloso montaje de las hileras, es decir, su forma y la densidad de la mezcla de residuos.

La mezcla de residuos se basa en mantener una relación entre las cantidades de carbono y nitrógeno (C:N) presentes en la hilera, lo cual es esencial para obtener un compostaje de buena calidad. Las hileras deben estar conformadas por 1/3 de su volumen con material fuente de nitrógeno (material verde), que en este caso serían los residuos biodegradables de la zona residencial como: restos de comida, cáscaras de frutas y verduras. Y por 2/3 de su volumen por material fuente de carbono (material seco) o también conocido como material estructurante, son materiales con mayor densidad como: aserrín, paja, cáscara de arroz y hojas secas, que además permiten dar mayor porosidad mejorando la circulación de aire dentro de la hilera.

Semanalmente el volumen máximo generado es de 281,79 L, es decir, 0,282 m³ de material verde de los residuos de la zona residencial (ver Cuadro 4.5). El volumen de material seco que se debe de agregar para lograr una relación C:N, de acuerdo con las cantidades de material verde que se producen debería ser de 0,564 m³. Este volumen va a estar formado por

una mezcla de material estructurante como la paja y de otros materiales como aserrín y restos de jardín como hojas y pasto seco. En total entre el material verde y seco se genera un volumen semanal de 0,845 m³.

La estructura de las hileras tiene un borde de paja para mantener el calor dentro de ella, normalmente esos bordes miden entre 20-30 cm. Para el montaje de las hileras se debe iniciar con una base de ramas que permita la entrada de aire de manera natural desde la parte inferior hasta la parte superior.

La primera capa de la hilera está formada por material seco con una altura de 30 cm, esta primera capa de material seco se recomienda mezclar con estiércol que sirve como inoculante. En el proyecto AGRO-INNOVA se adquirieron cabras para utilizar sus heces en el proceso de compostaje y también el CATIE cuenta con una finca donde se podría conseguir este tipo de material.

Seguidamente, se monta una capa de material verde y se continúa trabajando de esta manera en la misma hilera hasta alcanzar la altura operativa deseada. La hilera cada semana continúa ganando altura con la adición de las nuevas capas de residuos, también perderá altura durante el proceso de descomposición.

Es importante siempre cubrir la hilera con paja al terminar de depositar el material para que los restos de alimentos no estén expuestos en ninguna situación y además permite mantener el calor dentro de la hilera.

Las hileras no necesitan ser revueltas frecuentemente, por eso son denominadas hileras estáticas. En general solo requieren de movimientos con ayuda de tenedores agrícolas cada vez que se agrega nuevo material, para mezclarlo con los residuos que ya se han dispuesto previamente en la hilera, y al finalizar la fase termofílica para homogenizar y preparar el material para la fase de maduración.

Las dimensiones que se le podrían dar a las hileras son de 1,2 m de alto, 1,5 m de ancho y 2 m de largo, obteniendo un volumen de 3,60 m³. Estas dimensiones se apegan a lo que se especifica en la literatura, donde se recomienda una altura de 1-1,5 m, un ancho de 1,5-2 y una longitud variable de 1-2 m.

Como se mencionó anteriormente, semanalmente se produce un volumen total de $0,845 \text{ m}^3$ tomando en cuenta el material seco y verde. Con las dimensiones propuestas, cada hilera tiene la capacidad de acumular los residuos de 4 semanas, es decir que durante esas 4 semanas se trabaja en la misma hilera hasta alcanzar una altura de 1,2 m, luego se empieza a montar la siguiente hilera y se continúa de esta manera hasta formar un total de 5 hileras.

La finalidad de tener 5 hileras es darle un tiempo de 4 meses a cada hilera, para que se cumplan con las etapas del proceso de compostaje, que en conjunto tienen una duración de 120 días. La etapa de oxidación que contempla la fase inicial del compostaje, la fase termofílica y mesófila tienen una duración de 90 días y la etapa de maduración de al menos 30 días. Al terminar de montar la hilera número 5 se comienza nuevamente en la hilera número 1 y se continúa de manera cíclica.

En la Figura 4.31 se puede observar como quedarían las hileras con las dimensiones propuestas, donde exista un espaciamiento entre ellas de 0,5 m, necesitando un área total de $31,5 \text{ m}^2$.

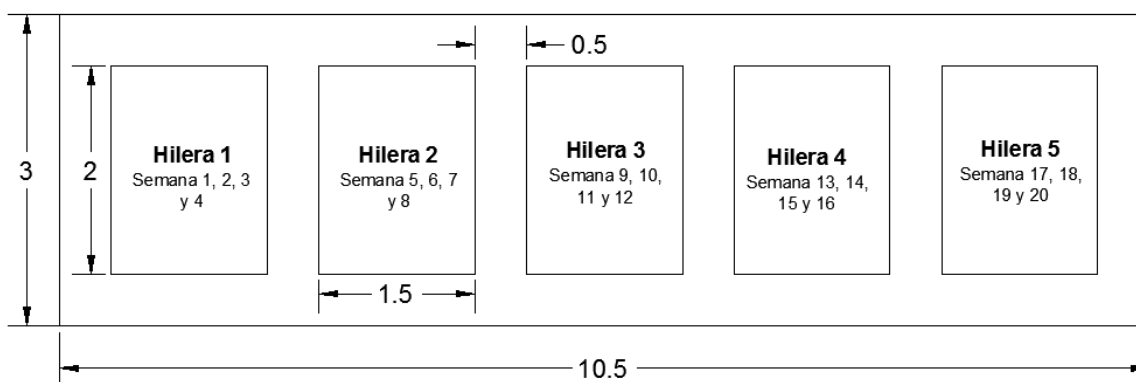


Figura 4.30. Distribución de las hileras en el patio de compostaje.

En el sitio donde se realiza el compostaje, normalmente se le conoce como patio de compostaje, se van a realizar las tareas de montar las hileras y la limpieza de las cubetas, razón por la cual debe ser un lugar con suficiente espacio y en el que se pueda conseguir agua, además, de tener un área techada para poder guardar los materiales que se utilizan para el montaje y mantenimiento de las composteras.

Actualmente el proyecto AGRO-INNOVA se está llevando a cabo detrás del edificio de posgrado, el cual cuenta con suficiente espacio para montar las composteras y donde se

encuentra las personas que tienen conocimientos sobre esta técnica de compostaje, las cuales ayudarían con la capacitación a la persona encargada de montar las hileras y de darle seguimiento al compostaje para verificar que se esté realizando correctamente. En la Figura 4.31 se pueden observar hileras que han montado los miembros del proyecto AGRO-INNOVA.



Figura 4.31. Hileras de prueba montadas por los miembros del proyecto AGRO-INNOVA.

Como el proyecto AGRO-INNOVA se está realizando con un límite de tiempo hasta el 2023, al culminar se puede continuar con el compostaje en el mismo sitio o a la par del centro de acopio del CATIE. Inclusive este último, es un lugar que cuenta con mayor espacio y la persona encargada de su montaje sería la misma que ya cuenta con la capacitación y los conocimientos para seguir realizando el método.

4.9.3 Costos asociados a la propuesta

Actualmente no existe una recolección diferenciada para los residuos biodegradables, estos son recolectados los jueves, ya que, se depositan en el contenedor de residuos no valorizables y no se les da un tratamiento, por lo que no existe un costo asociado directamente al manejo de los mismos.

Esta propuesta desde el punto de vista financiero genera nuevos costos asociados a la actividad del manejo de residuos biodegradables. Costos como: el combustible para el transporte, la adquisición de cubetas, materiales para el compostaje y salarios del personal.

La inversión inicial de la propuesta se debe a la compra de materiales como las cubetas para almacenar los residuos biodegradables que en total serían 42 y de otros materiales necesarios como una manguera para el lavado de las cubetas, un tenedor agrícola para montar y revolver los materiales del compostaje y un triturador manual que permite disminuir el tamaño y extraer el exceso de humedad de los residuos orgánicos, al reducir su tamaño el proceso de compostaje es más eficiente y rápido. En el Cuadro 4.8 se puede observar un desglose de los costos de cada material obtenidos mediante búsquedas en la web de proveedores.

Cuadro 4.8. Desglose de los costos de los materiales para la recolección de residuos biodegradables, la construcción de las hileras y costo total de la inversión inicial.

Material	Unidades	Valor	Costo total	Fuente
Cubetas	42	₡3 500	₡147 000	(Grupo Castro, 2021)
Manguera	1	₡26 500	₡26 500	(Ferretería EPA, 2021)
Triturador manual	1	₡41 000	₡41 000	(360 Soluciones Verdes, 2021)
Rastrillo	1	₡8 000	₡8 000	(Ferretería EPA, 2021)
Total			₡222 500	

En total la inversión inicial es de 222 500 colones. Además, existen otros costos mensuales que están asociados a la propuesta de compostaje. Dentro de esos costos se encuentra el combustible necesario para realizar la ruta de recolección de los residuos biodegradables, partiendo del centro de acopio hasta la entrega de los residuos en el edificio de postgrado donde se encuentra el proyecto AGRO-INNOVA, la cual tiene una distancia de 6 km. El cálculo se realizó mediante un factor proporcionado de 1,08 L/km, dando un consumo de 6,48 litros, este consumo se multiplicó por el precio del diésel obtenido de la página de RECOPE de 593 colones por litro, el cual es el precio más alto del 2021. Finalmente se multiplicó por 4,33 para determinar el costo de manera mensual dando un resultado de ₡16 651.

Por otra parte, se encuentra el costo asociado al personal, se requiere una persona encargada de realizar la recolección de los residuos, montar las composteras y la limpieza de las cubetas.

En la página del Ministerio de Trabajo se obtuvo el salario de ₡10 652 por día para la ocupación de misceláneo (trabajador en ocupación no calificada genérico), para la persona encargada de realizar las tareas mencionadas anteriormente, para ser ejecutadas un día a la semana (8 horas). Además, se determinó los costos asociados a las cargas sociales mediante la calculadora en línea de la página de la CCSS, dando una cantidad de ₡2 823.

Finalmente, está el costo asociado al material necesario para montar las composteras, el éxito de este método de compostaje está relacionado con el montaje de las hileras y de la cantidad del material que se utilice para formar su estructura. La literatura indica que el volumen de la hilera debe de estar conformado por $\frac{2}{3}$ de material seco y $\frac{1}{3}$ de material verde, la proporción del material seco se dividió en $\frac{1}{3}$ de paja, $\frac{1}{6}$ de hojas secas y $\frac{1}{6}$ de aserrín, para que la paja sea el material seco con mayor proporción, ya que, se utiliza para cubrir la hilera.

Se utilizaron las densidades reportadas en un estudio realizado en Guatemala y en un artículo para la caracterización del aserrín, de 85 kg/m^3 para la paja, 167 kg/m^3 para el aserrín y de 101 kg/m^3 para las hojas secas (Mejía, 2004)(Serret et al., 2016). Se determinó que para los 82 kg de residuos biodegradables se necesita una cantidad de 24 kilos de paja que es aproximadamente el peso de una paca, 24 kilos de aserrín que se compra por saco y 14 kilos de hojas secas y pasto.

Se incluyó solamente el costo de la paja y el aserrín, ya que, las hojas secas y el pasto es un material que se puede obtener dentro del CATIE. Inclusive el aserrín se puede adquirir de manera gratuita en la finca del CATIE, pero se está incluyendo el costo por si fuera necesario conseguirlo de manera externa, el precio de la paja y del aserrín se obtuvo de cotizaciones de establecimientos en Turrialba.

El costo del agua que se requiere para la limpieza de las cubetas no se toma en consideración, debido a que el CATIE cuenta con una fuente propia de agua, y el costo asociado al canon de aprovechamiento del agua sería cubierto por la institución.

En el siguiente cuadro se encuentra los precios del diésel, día laboral y materiales como la paja y aserrín con su respectiva fuente.

Cuadro 4.9. Costos unitarios para el cálculo del monto mensual asociados a la propuesta de compostaje.

Costo unitario	Valor	Fuente
Costo por litro de diésel	¢593	(RECOPE, 2021)
Costo por día laboral	¢13 475	(MTSS, 2021) (CCSS,2021)
Costo por saco de aserrín (24 kg)	¢1 000	Cotización directa
Costo por paca de paja (25 kg)	¢2 800	Cotización directa

En el Cuadro 4.10 se observa un desglose de los costos del combustible, salario, paja y aserrín, que son los que se generarían mensualmente por el tratamiento de los residuos biodegradables de la zona residencial.

Cuadro 4.10. Costos mensuales asociados a la propuesta de compostaje.

Rubro	Cantidad/mensual	Costo/mensual
Diésel	25,92 L	¢16 651
Salario (misceláneo)	32 h	¢58 393
Paca de paja	1 paca	¢12 133
Saco de aserrín	1 saco	¢4 333
Total		¢91 511

Se obtiene que mensualmente se necesitan de 91 511 colones para darle un tratamiento a los residuos biodegradables. Según lo indican los responsables de la gestión de residuos en el CATIE, actualmente los residentes realizan un pago mensual por servicios de 10 dólares (6 137 colones según tipo de cambio promedio del 2021), que incluye la recolección de los residuos. Se podría agregar un costo adicional de 1 800 colones a la tarifa existente y de esta manera subvencionar los costos.

El compost generado puede ser regalado a los mismos residentes que pagan por el servicio, puede ser utilizado en diferentes partes del campus o venderlo y utilizar las ganancias para cubrir los gastos del tratamiento.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se estimó una producción semanal de 319,20 kg de residuos sólidos (sin contemplar los biodegradables), de esa cantidad un 73% son enviados al vertedero municipal, y tan solo el 27% a valorización por medio de reciclaje.
- Se determinó que, si se realizara una correcta separación de los 319,20 kg de residuos sólidos generados semanalmente (sin contemplar lo biodegradable), un 32% pueden ser valorizados por medio de reciclaje y un 68% se debería seguir enviando al vertedero municipal. Es decir, previo a las intervenciones 16,65 kg/semana de residuos valorizables eran enviados a disposición final.
- El sector que presentó un porcentaje mayor de correcta separación de residuos valorizables con respecto al total de residuos generados, fue el sector 2 con 25% (33,80 kg), seguido por el sector 3 con 20% (25,75 kg) y por último el sector 1 con 11% (14,60 kg).
- En la zona residencial se genera una cantidad máxima promedio semanal de 82,00 kg de residuos sólidos biodegradables que se envían al vertedero municipal, que podrían ser aprovechados por la misma institución.
- Se determinó que existen suficientes puntos de separación dentro de la zona residencial del CATIE y que existe una distancia óptima entre los puntos y cada casa de acuerdo con lo encontrado en la literatura.
- Las dos principales barreras que atribuye en que las personas no separen los residuos valorizables en la zona residencial son desconocimiento del manejo que realiza el CATIE con los residuos, entonces no saben si vale la pena realizarlo y la falta de información de cómo realizar la separación de residuos de acuerdo con lo que el CATIE necesita.
- Las intervenciones realizadas fueron bien aceptadas por los residentes y de aplicación sencilla por medio del correo electrónico.
- Las intervenciones lograron incentivar la separación de residuos el día correcto de recolección. Concretamente, posterior a la intervención se incrementó la separación

de residuos valorizables en un 27% y disminuyó la cantidad de residuos no valorizables en 22%.

- Los porcentajes de correcta separación de residuos valorizables antes y después de la aplicación de las intervenciones son los siguientes: el sector 1 pasó de 11% a 23%, el sector 2 pasó de 25% a 36%, este sector continúa siendo el sector con mayor recuperación de residuos valorizables y el sector 3 continúa con un porcentaje de recuperación muy similar al que tenía antes de las intervenciones, pasando de 20% a 21%.
- El costo asociado a la propuesta para el tratamiento de los residuos biodegradables es de 222 500 colones para la inversión inicial y de 91 511 colones de costos que se generarían de manera mensual, se podría agregar un costo adicional de 1 800 colones a los residentes que actualmente ya pagan una tarifa de 10 dólares por servicios que incluye la recolección.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda aplicar las intervenciones diseñadas a los otros tipos de residencias que se encuentran en el CATIE, ya que, son intervenciones de fácil aplicación y que pueden ser enviadas por medio del correo electrónico o por WhatsApp.
- Se recomienda continuar impulsando y trabajando en el mejoramiento de la separación de residuos, es necesario reforzar constantemente debido a que se puede disolver el trabajo logrado.
- Aumentar las campañas de concientización y capacitación sobre el manejo óptimo de residuos sólidos a la población del CATIE.
- Poner en marcha la propuesta para el tratamiento de los residuos biodegradables aprovechando el recurso humano y espacio con el que cuenta la institución.
- Considerar la factibilidad de participar en las campañas que realiza la Municipalidad de Turrialba donde realizan donaciones de composteras rotatorias para el manejo de residuos biodegradables a nivel domiciliario.
- Se sugiere captar agua de lluvia para la limpieza de las cubetas utilizadas para el almacenamiento de los residuos biodegradables propuestas en la logística para el manejo de los residuos biodegradables.
- Solicitar la adquisición de materiales para el montaje de las composteras de manera gratuita a la finca del CATIE, ya que el aserrín es un residuo que se genera en el lugar y podría ser aprovechado. Al igual que coordinar la entrega de hojas secas recolectadas del mantenimiento de zonas verdes para que sean aprovechadas en el compostaje.
- Considerar utilizar las plantas que se extraen del lago como material para compostar, ya que, actualmente se envía al vertedero municipal. Previamente se debe determinar el porcentaje de humedad para evaluar si se puede utilizar para compostar sin afectar el funcionamiento de las hileras.
- Se recomienda empezar a realizar campañas mensuales y charlas sobre el manejo de residuos peligrosos y electrónicos, ya que, se sabe que este tipo de residuos son dispuestos en los contenedores de los puntos de separación y deberían ser recolectados individualmente para poder ser gestionados correctamente.

- Se sugiere que cuando haya un nuevo inquilino o exista un nuevo arrendamiento, en el contrato de alquiler se incluya una cláusula que especifique que el CATIE cuenta con un sistema de gestión de residuos, por lo cual es obligatorio que separen y dispongan sus residuos correctamente.
- Para futuras investigaciones que utilicen las normas sociales como intervención, realizar las comparaciones a nivel de hogar y no a nivel de sector, ya que tiene mayor peso cuando las comparaciones son realizadas a nivel individual en lugar de grupales.
- Monitorear sectorialmente los contenedores de los puntos de separación para evaluar si los residentes están realizando la separación de residuos correctamente y de no ser de esta manera, examinar las posibles razones de esta situación y proponer las mejoras correspondientes.

6 REFERENCIAS

- Abarca, L., Maas, G., & Hogland, W. (2013). Solid waste management challenges for cities in developing countries. *Waste Management*, 33(1), 220–232. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.008>
- Abarca, L., Maas, G., & Hogland, W. (2015). Desafíos en la gestión de residuos sólidos para las ciudades de países en desarrollo. *Tecnología En Marcha*, 28, 141–168. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/2340/2129
- Alarcón, L. M., Baraclado, P., Medina, V., & Tamayo, F. (2021, July). *Guía Distrital para la Transición hacia modelos de Economía Circular*. Secretaría Distrital de Ambiente.
- Banco Mundial. (2018). What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. In *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington, DC: World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>
- BID. (2019). El nuevo factor del comercio: Aportes de la economía del comportamiento y la opinión pública a la integración de América Latina y el Caribe. *Integración y Comercio*.
- Camacho, J. R., Murillo, J., & Yeomans, J. (2008). Plan de negocios para la implementación de un centro de recuperación de materiales en Guácimo, Costa Rica. *Tierra Tropical*, 4 (1), 119–162.
- CATIE. (2020). <https://www.catie.ac.cr/>
- Chardoul, N., O'Brien, K., Clawson, B., & Flechter, M. (2015). *Compost Operator Guidebook Best Management Practices for Commercial Scale Composting Operations*.
- CONAF. (2009). *Técnicas de Compostaje*. <https://www.prevencionincendiosforestales.cl/documento/tecnicas-de-compostaje-produccion-de-compost/>
- Consejo Nacional Ambiental. (2020). *I Plan Nacional de Compostaje 2020-2050*.
- Cruz, S., & Ojeda, S. (2013). Gestión sostenible de los residuos sólidos urbanos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29, 7–9. <https://www.redalyc.org/pdf/370/37029665017.pdf>
- CYMA. (2012). *Guía de interpretación de la metodología para la realización de estudios de generación y composición de residuos ordinarios*.
- Datta, S., & Mullainathan, S. (2015). Behavioral design: A new approach to development policy. *World Institute for Development Economics Research*.

- Di Maria, F., Lovat, E., & Caniato, M. (2018). Waste Management in developed and developing countries: the case study of Umbria (Italy) and the west bank (Palestine). *Detritus, In Press*(1), 1. <https://doi.org/10.31025/2611-4135/2018.13690>
- Duc Luong, N., Minh Giang, H., Xuan Thanh, B., & The Hung, N. (2013). Challenges for municipal solid waste management practices in Vietnam. *Waste Technology, 1*(1), 17–21. <https://doi.org/10.12777/wastech.1.1.2013.17-21>
- Estado de la nación. (2017). *Capítulo III: Actividades y eventos que generan presión e impacto en el ambiente costarricense*. <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/biblioteca-de-archivos/sobre-el-ministerio/politcas-y-planes-en-salud/planes-en-salud/3025-plan-nacional-para-la-gestion-integral-de-residuos-2016-2021/file>
- Ferretería EPA. (2021). (*No Title*). <https://cr.epaenlinea.com/ferreteria.html>
- González, P., & Adenso, B. (2005). Influence of distance on the motivation and frequency of household recycling. *Waste Management, 25*(1), 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2004.08.007>
- Grupo Castro. (2021). (*No Title*). <https://grupocastrocr.com/>
- IICA. (2020). *La Unión Europea y el IICA construyen plan para apoyar a la pequeña agricultura de Centroamérica*. <https://www.iica.org.br/es/prensa/noticias/la-union-europea-y-el-iica-construyen-plan-para-apoyar-la-pequena-agricultura-de>
- JICA. (2010). *Compostaje para la reducción de residuos*. Instituto de Estrategias Del Medio Ambiente Global. https://www.jica.go.jp/kyushu/office/ku57pq000009v1mc-att/comp_kit_low.pdf
- Lett, L. A. (2014). Global threats, waste recycling and the circular economy concept. *Revista Argentina de Microbiología, 46*(1), 1–2. [https://doi.org/10.1016/S0325-7541\(14\)70039-2](https://doi.org/10.1016/S0325-7541(14)70039-2)
- Ley para la Gestión Integral de Residuos. (2010, June 26). *Diario oficial la Gaceta*.
- Li, R., Li, L., Huang, R., Sun, Y., Mei, X., Shen, B., & Shen, Q. (2014). Variations of culturable thermophilic microbe numbers and bacterial communities during the thermophilic phase of composting. *World Journal of Microbiology and Biotechnology, 30*(6), 1737–1746. <https://doi.org/10.1007/s11274-013-1593-9>
- Linder, N., Lindahl, T., & Borgström, S. (2018). Using Behavioural Insights to Promote Food

- Waste Recycling in Urban Households—Evidence From a Longitudinal Field Experiment. *Frontiers in Psychology*, 9(MAR), 352. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00352>
- Mejía, D. (2004). *Propuesta de un plan de recolección de desechos sólidos y aseo urbano en el municipio de Esquipulas, Chiquimula*. Universidad de San Carlos de Guatemala .
- Miller, P., & Inácio, C. (2009). *Compostagem: ciência e prática para gestão de resíduos orgânicos* (1st ed.). Embrapa Solos.
- Ministerio de Salud. (2016a). *Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos (ENSRVR) 2016-2021*.
- Ministerio de Salud. (2016b). *Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos 2016-2021*.
- Ministerio de Salud. (2019). *Plan de acción para la gestión integral de residuos 2019-2025*.
- MMA. (2017). *Compostaje doméstico, comunitario e institucional de residuos orgánicos* (Ministério do Meio Ambiente (Ed.)). www.mma.gov.br
- MTSS. (2021). *Salarios mínimos*. <http://www.mtss.go.cr/>
- Pierini, V. I., Mazzeo, N., Cazenave, M., & Semmartin, M. (2021). Waste generation and pro-environmental behaviors at household level: A citizen science study in Buenos Aires (Argentina). *Resources, Conservation and Recycling*, 170, 105560. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105560>
- Pinto, D., Ibararán, P., Stampini, M., Carman, K., Guanais, F., Luoto, J., Sánchez, M., & Cali, J. (2014). *Applying Behavioral Tools to the Design of Health Projects* . Inter-American Development Bank . <https://publications.iadb.org/es/publicacion/16864/empujoncitos-sutiles-el-uso-de-la-economia-del-comportamiento-en-el-diseno-de>
- RECOPE. (2021). *Refinadora Costarricense de Petróleo*. <https://www.recope.go.cr/>
- Rojas, J., & Bogantes, J. (2018, July 31). Quantification and classification of solid-ordinary waste of Universidad Nacional de Costa Rica into the landfills. *UNICIENCIA*, 1–13. <https://doi.org/10.15359/ru.32-2.4>
- Rudín, V., Soto, S., & Carsten, L. (2019). *Elaboración de la propuesta de proyecto a financiar para una NAMA de residuos sólidos en Primer informe Situación de la Gestión de los Residuos Sólidos para la determinación de la NAMA residuos Costa Rica*

Proyecto ACCIÓN Clima II. www.giz.de

- Salazar, E. (2020). Economic Indicator for the Evaluation of the Municipal Management of Valuable Residues in Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 1–15. <https://doi.org/10.15359/rca.54-1.1>
- Scartascini, C. (2016, December 16). *Behavioral Economics for Better Public Policies*. <https://blogs.iadb.org/ideas-matter/en/behavioral-economics-better-public-policies/>
- Serret, N., Giralt, G., & Quintero, M. (2016). Caracterización de aserrín de diferentes maderas. *Tecnología Química*, 36.
- Slooten, B. (2017). *Norms, recycling practices and local government policy*.
- Soto Córdoba, S. (2019). Gestión de los residuos sólidos en Costa Rica. In *Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible*. San José, C.R.
- Sunstein, C. R. (2014). Nudging: A Very Short Guide. *Journal of Consumer Policy*, 37(4), 583–588. <https://doi.org/10.1007/s10603-014-9273-1>
- Thaler, R. H. (2016). Behavioral economics: Past, present, and future. In *American Economic Review* (Vol. 106, Issue 7, pp. 1577–1600). American Economic Association. <https://doi.org/10.1257/aer.106.7.1577>
- Thomas, C., & Sharp, V. (2013). Understanding the normalisation of recycling behaviour and its implications for other pro-environmental behaviours: A review of social norms and recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, 79, 11–20. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.04.010>
- Universidad de Granada. (2021). *Guía para la gestión municipal*. <http://a21-granada.org/red-gramas/residuos/index.php/29-diseno-del-servicio-de-recogida/77-dis4>
- Xiang Keng, Z., Chong, S., Guan Ng, C., Izzati Ridzuan, N., Hanson, S., Pan, G.-T., Li Lau, P., Vimala Supramaniam, C., Singh, A., Foan Chin, C., & Loong Lam, H. (2020). *Community-scale composting for food waste: A life-cycle assessment-supported case study*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121220>
- 360SolucionesVerdes. (2021). (*No Title*). <https://www.360-sv.com/machucona>

7 APÉNDICES

7.1 Apéndice 1: Material utilizado para realizar los estudios de composición de los residuos sólidos ordinarios.

Material utilizado para la aplicación de los muestreos:

- Bolsas transparentes
- Bolsas negras
- Guantes desechables de látex
- Mascarilla
- Gabacha
- Marcadores permanentes
- Balanza digital
- Formatos de documentos para registrar la información

Cuadro A .1. 1. Características de la balanza digital utilizada para el pesaje de los residuos sólidos ordinarios.

Marca	Modelo	Capacidad Máxima (kg)	Incertidumbre (Kg)	Tamaño de la plataforma (cm)
PREMIER	ED 2714	300	±0,01	40x50

7.2 Apéndice 2: Datos de los estudios de generación y composición de residuos sólidos ordinarios de los tres sectores seleccionados antes de la aplicación de las intervenciones.

Cuadro A. 2. 1. Datos del estudio de generación y composición de RSO en los contenedores del sector 1.

Peso de los residuos sólidos ordinarios (Kg)						
Categoría	Semana 1			Semana 2		
	Miércoles	Jueves	Total	Miércoles	Jueves	Total
Biodegradables	0,00	29,60	29,60	0,00	18,20	27,50
Papel/Cartón	4,90	1,60	6,50	4,20	1,80	6,00
Cartoncillo	1,70	0,50	2,20	0,30	0,20	0,50
Plástico PED y HDPE	2,70	1,70	4,40	3,00	2,10	5,10
Otros plásticos: LDPE Y PP	0,00	1,10	1,10	0,30	1,30	1,60
Vidrio	7,00	1,20	8,20	1,80	2,30	4,10
Metales	0,60	0,50	1,10	0,10	0,70	1,10
Aluminio	0,70	1,90	2,60	0,20	0,90	0,80
Textiles, cuero y hule	0,00	2,80	2,80	0,00	0,30	0,30
Polilaminados	1,50	1,20	2,70	0,20	1,50	1,70
Peligrosos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eléctricos y electrónicos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
No valorizable	7,10	73,50	80,60	2,20	87,90	90,10
Total	26,20	115,60	141,80	12,30	117,2	129,50

Cuadro A. 2. 2. Datos del estudio de generación y composición de RSO en los contenedores del sector 2.

Peso de los residuos sólidos ordinarios (Kg)						
Categoría	Semana 1			Semana 2		
	Miércoles	Jueves	Total	Miércoles	Jueves	Total
Biodegradables	0,00	24,3	24,30	0,00	22,4	22,40
Papel/Cartón	4,90	0,00	4,90	11,80	1,50	13,30
Cartoncillo	2,40	0,30	2,70	3,60	0,60	4,20
Plástico PED y HDPE	4,20	1,70	5,90	8,90	1,20	10,10
Otros plásticos: LDPE Y PP	0,40	1,10	1,50	1,50	1,60	3,10

Peso de los residuos sólidos ordinarios (Kg)						
Categoría	Semana 1			Semana 2		
	Miércoles	Jueves	Total	Miércoles	Jueves	Total
Vidrio	1,60	0,00	1,60	14,70	1,30	16,00
Metales	1,60	0,60	1,20	2,80	1,60	3,20
Aluminio	1,20	0,80	2,00	2,00	0,40	3,60
Textiles, cuero y hule	0,00	2,80	2,80	0,00	0,40	0,40
Polilaminados	2,50	0,60	3,10	2,50	0,80	3,30
Peligrosos	0,00	3,20	3,20	0,00	0,00	0,00
Eléctricos y electrónicos	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	2,00
No valorizable	2,30	50,30	52,60	8,10	69,70	77,80
Total	20,10	85,70	105,80	57,90	101,50	159,40

Cuadro A. 2. 3. Datos del estudio de generación y composición de RSO en los contenedores del sector 3.

Peso de los residuos sólidos ordinarios (Kg)						
Categoría	Semana 1			Semana 2		
	Miércoles	Jueves	Total	Miércoles	Jueves	Total
Biodegradables	0,00	28,10	28,10	0,00	27,50	27,50
Papel/Cartón	20,10	1,50	21,60	2,50	0,00	2,50
Cartoncillo	0,60	1,40	2,00	1,10	0,30	1,40
Plástico PED y HDPE	2,40	0,80	3,20	1,20	1,20	2,40
Otros plásticos: LDPE Y PP	0,80	0,20	1,00	0,20	1,90	2,10
Vidrio	11,30	1,50	12,80	4,30	0,00	4,30
Metales	1,30	1,40	2,70	1,20	0,20	1,40
Aluminio	1,30	0,10	1,40	0,30	0,10	0,40
Textiles, cuero y hule	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Polilaminados	1,90	0,70	2,60	1,00	0,70	1,70
Peligrosos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eléctricos y electrónicos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
No valorizable	1,80	67,80	69,60	1,30	62,00	63,30
Total	41,50	103,50	145,00	13,10	93,90	107,00

7.3 Apéndice 3: Datos de los estudios de generación y composición de residuos sólidos ordinarios de los tres sectores seleccionados después de la aplicación de las intervenciones.

A. 3. 1. Datos del estudio de generación y composición de RSO en los contenedores del sector 1.

Peso de los residuos sólidos ordinarios (Kg)						
Categoría	Semana 1			Semana 2		
	Miércoles	Jueves	Total	Miércoles	Jueves	Total
Biodegradables	0,00	27,70	27,70	0,00	18,20	18,20
Papel/Cartón	5,40	0,30	5,70	8,10	0,40	8,50
Cartoncillo	1,60	0,10	1,70	1,30	0,10	1,40
Plástico PED y HDPE	3,70	0,70	4,40	3,80	0,30	4,10
Otros plásticos: LDPE Y PP	2,00	0,30	2,30	0,90	0,50	1,40
Vidrio	9,60	1,20	10,80	8,70	1,40	10,10
Metales	0,60	0,40	1,00	0,50	0,50	1,00
Aluminio	1,00	0,90	1,90	0,70	0,90	1,60
Textiles, cuero y hule	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Polilaminados	1,30	0,50	1,80	1,20	1,20	2,40
Peligrosos	3,30	0,00	3,30	0,00	0,00	0,00
Eléctricos y electrónicos	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
No valorizable	0,00	55,00	55,00	3,00	67,20	70,20
Total	29,50	87,10	116,60	28,20	90,70	118,90

A. 3. 2. Datos del estudio de generación y composición de RSO en los contenedores del sector 2.

Peso de los residuos sólidos ordinarios (Kg)						
Categoría	Semana 1			Semana 2		
	Miércoles	Jueves	Total	Miércoles	Jueves	Total
Biodegradables	0,00	22,10	22,10	0,00	20,70	20,70
Papel/Cartón	14,20	0,00	14,20	7,50	0,50	8,00
Cartoncillo	14,90	0,30	15,20	8,70	0,40	9,10
Plástico PED y HDPE	4,50	1,70	6,20	7,30	0,20	7,50
Otros plásticos: LDPE Y PP	1,10	1,10	2,20	2,00	0,60	2,60
Vidrio	5,30	0,00	5,30	13,80	1,30	15,10

Metales	1,40	0,40	1,80	2,50	0,30	2,80
Aluminio	0,80	0,80	1,60	2,00	0,40	2,40
Textiles, cuero y hule	0,00	2,80	2,80	1,20	0,00	1,20
Polilaminados	2,20	0,60	2,80	1,90	0,60	2,50
Peligrosos	0,00	3,20	3,20	0,00	0,00	0,00
Eléctricos y electrónicos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
No valorizable	4,90	36,70	41,60	2,80	56,60	59,40
Total	49,30	69,70	119,00	49,70	81,60	131,30

A. 3. 3. Datos del estudio de generación y composición de RSO en los contenedores del sector 3.

Peso de los residuos sólidos ordinarios (Kg)						
Categoría	Semana 1			Semana 2		
	Miércoles	Jueves	Total	Miércoles	Jueves	Total
Biodegradables	0,00	19,40	19,40	0,00	17,30	17,30
Papel/Cartón	9,50	1,40	10,90	6,10	1,00	7,10
Cartoncillo	1,60	0,40	2,00	3,80	0,30	4,10
Plástico PED y HDPE	3,20	0,50	3,70	2,50	1,30	3,80
Otros plásticos: LDPE Y PP	0,90	0,10	1,00	0,50	0,20	0,70
Vidrio	3,40	1,50	4,90	2,80	0,00	2,80
Metales	1,30	0,30	1,60	0,80	0,10	0,90
Aluminio	1,20	0,50	1,70	1,10	0,40	1,50
Textiles, cuero y hule	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Polilaminados	1,90	0,30	2,20	1,60	0,50	2,10
Peligrosos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eléctricos y electrónicos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
No valorizable	6,10	56,10	62,20	0,70	52,90	53,60
Total	29,10	80,50	119,60	19,90	74,00	93,90

7.4 Apéndice 4: Encuesta aplicada a los residentes.

Encuesta Residuos Sólidos

La siguiente encuesta se desarrolló con el objetivo de servir como herramienta para realizar una investigación de carácter académico del Instituto Tecnológico de Costa Rica. La encuesta es de carácter anónimo, con la finalidad de poder conocer la situación actual en los domicilios que forman parte de la zona residencial del campus del CATIE. La finalidad de esta encuesta es mejorar la gestión de los residuos dentro de la institución.

1. Género:
 - Masculino
 - Femenino
 - Prefiero no decirlo
2. Edad:
 - Menor de 18
 - 18-24
 - 25-39
 - 40-64
 - 65 a más
3. Grado de escolaridad:
 - Educación primaria completa
 - Educación media completa
 - Bachillerato universitario
 - Licenciatura
 - Maestría
 - Doctorado
 - Otro: _____
4. Número de personas que viven en el domicilio:
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - Otro: _____
5. Sexo y edad de los demás miembros de hogar:

6. Grado académico alcanzado de los demás miembros del hogar:


7. La residencia donde se encuentra en este momento pertenece a la sección:
 - 60s
 - 102
 - ABC
 - 66s

- 80s
 - 87s
 - 109
8. ¿Alguna vez ha recibido información por parte del CATIE, sobre el manejo y separación de los residuos sólidos?
- Sí
 - No
9. Considera que el campus del CATIE proporciona recursos satisfactorios (rotulación, estaciones de reciclaje, frecuencia de recolección, etc) para el reciclaje de sus residuos sólidos:
- Muy de acuerdo
 - De acuerdo
 - Aceptable
 - En desacuerdo
 - Muy en desacuerdo
10. Al realizar la separación de los residuos reciclables en su hogar considera que:
- No sabe cómo realizarlo y no le interesa
 - No sabe cómo realizarlo, pero le interesa aprender
 - Lo hace, pero tiene dudas de cómo hacerlo
 - Lo hace y no tiene dudas al respecto
 - Otro: _____
11. En el caso de separar sus residuos, quién es la persona encargada de realizar la separación en su hogar:
- _____
- _____
12. ¿Estaría dispuesto a colaborar con un buen manejo y disposición final del reciclaje?
- Sí
 - No
 - En el momento no sé cómo realizarlo, pero estoy dispuesto a colaborar si se me enseña
13. ¿Estaría dispuesto en hacer compostaje con los residuos orgánicos que genera?
- No le interesa
 - Sí, y le gustaría hacerlo desde su hogar
 - Sí, pero que lo realice el CATIE en sus instalaciones
 - Desconoce del tema, necesita más información para decidirlo
 - Otro: _____
14. ¿Qué aspectos considera usted que influyen en su decisión para no separar y disponer sus residuos para el reciclaje?
- No considera que sea una obligación separar sus residuos
 - Falta de información de cómo hacerlo bien, de acuerdo con lo que el CATIE necesita
 - Falta de tiempo
 - El horario de recolección no es conveniente
 - Los días de recolección no son convenientes
 - Falta de contenedores específicos para separar el reciclaje en el CATIE

- Desconozco que hace el CATIE con los residuos, entonces no sabe si vale la pena realizarlo
 - EL CATIE no los recoge de manera separada
 - Limitaciones propias del encuestado
 - Otro: _____
15. De los puntos de separación de residuos que se encuentran en el lugar, marque los criterios que desde su perspectiva se CUMPLEN para estos:
- Una ubicación de fácil acceso y cercana a su vivienda
 - Presencia de rotulación con indicaciones claras y fáciles de leer
 - Suficientes contenedores por unto para depositar los residuos por categoría
 - Los contenedores son adecuados
16. ¿Sabe cuál(es) día(s) se realiza la recolección de los residuos valorizables (reciclables)?
- Lunes
 - Martes
 - Miércoles
 - Jueves
 - Viernes
 - No sabe qué día se realiza la recolección de los residuos reciclables
17. Desde su punto de vista, ¿qué aspectos considera que se deberían de cambiar o mejorar en el sistema de recolección?
- Horarios de recolección
 - Frecuencia de recolección
 - Ningún aspecto
 - Otro: _____
18. ¿Qué canal de comunicación prefiere para recibir información sobre el correcto manejo y disposición de los residuos?:
- Whatsapp
 - Correo electrónico
 - Llamada telefónica
 - Facebook
 - Instagram
 - Información impresa (volantes)
 - Perifoneo
 - Capacitaciones
 - Otro: _____
19. Escriba su número de teléfono (opcional):
- _____
20. Escriba su correo electrónico:
- _____
21. Algún comentario adicional que quiera realizar:
- _____
- _____

Gracias por completar la encuesta, la información brindada va a ser de mucha ayuda.

Guía de Reciclaje


**¡Únase a sus vecinos,
separe y recicle sus
residuos!**



¿Qué pasos debo de seguir para ser un generador responsable?



Actualmente en el sector residencial del CATIE

Se generan aproximadamente 20 toneladas de residuos al año, lo que equivale al peso de :



16 automóviles,
de los cuales:



13 automóviles
terminan en el
vertedero municipal.



y solo **3 automóviles**
terminan siendo
material para reciclaje.

Colabore realizando una mejor separación de sus residuos para disminuir la cantidad de residuos que terminan en rellenos sanitarios.

Etapas para una correcta gestión de los residuos

1

Lavar los residuos

Para eliminar restos de alimentos y evitar malos olores.



2

Separar los residuos

Siguiendo los consejos de esta guía.



3

Depositar los residuos

Utilizando los contenedores de las estaciones de recolección.



4

Entrega

El CATIE se encarga de entregar los residuos recolectados a un gestor autorizado.



En una encuesta enviada a los hogares, 36 personas de 40 que contestaron, declararon que estarían dispuestos en colaborar en el buen manejo de los residuos.

¡Así que únase a sus vecinos y separe sus residuos!

Separación en el origen:

Hace que todo residuo tenga valor y pueda ser gestionado correctamente.

Valorizable (reciclaje)

- Existen 4 categorías:
1. Plástico y tetrapack
 2. Papel y cartón
 3. Vidrio
 4. Aluminio

Día de recolección:
Miércoles

Contenedor:
Amarillo



No valorizable (Basura)

Son los residuos que por su composición no pueden ser reciclados y preferiblemente deben ser evitados.

Día de recolección:
Jueves

Contenedor:
Rojo



1. Plástico y tetrapack

Plástico #1 PET



PETE

Botellas plásticas de refresco, gaseosas, agua, bebidas energizantes y aceite de cocina.



Plástico #2 HDPE



HDPE

Galones plásticos para productos de limpieza, detergente, leche, jugo de naranja, envases de cremas, champú y medicinas.



Plástico #4 LDPE



LDPE

Bolsas estirables como bolsas de detergente en polvo, arroz, azúcar, frijoles y bolsas de supermercado.



Plástico #5 PP



PP

Tapas de botellas, recipientes para almacenar alimentos, taza de comida china y algunos envases de yogurt.



Tetrapack



Envases de Tetra Pak utilizados en jugos, vinos, leche, entre otras bebidas.





No se recicla



Algunos plásticos por su composición requieren procesos especiales para su transformación, cuya tecnología no existe aún en el país, por esta razón estos plásticos preferiblemente deberían ser evitados.

Si el envase o producto presenta alguno de estos números:



Algunos ejemplos:

- Tubería de PVC
- Empaques de galletas y frituras
- Desechables: vasos, cucharas, tenedores...
- Vasitos de yogurt que sean #6
- Cápsulas de repostería
- Estereofón
- Juguetes
- CD'S
- Envases de mantequilla y queso crema que sean #6



¡Recuerde limpiar y secar los envases y botellas!

2. Papel y cartón

Papel

Papel blanco, de color, libros, periódico, revistas, copias, folletos y guías telefónicas.



Cartón y cartoncillo

Cartón, catulina, cartoncillo como cajas de cereal, pastas, barras, galletas, té y pasta de dientes.



¡Entregar los materiales limpios y secos!

Sin grapas, resortes, pegamento y etiquetas.



No se recicla



- Cajas de pizza
- Fotografías
- Papel higiénico
- Servilletas
- Papel celofán o carbón
- Etiquetas adhesivas
- Papel encerado o adhesivo
- Vasos de cartón de café o bebidas



3. Vidrio

Se incluyen botellas de vidrio utilizadas para cerveza, vino y refrescos, vajilla de vidrio como: vasos, copas y platos, frascos de perfume y otros frascos de conserva de alimentos y mermeladas.



No se recicla



- Espejos
- Cerámica
- Vidrio refractario (pyrex)
- Vidrio templado
- Vajilla de porcelana
- Bombillos
- Celosías
- Vidrio quebrado: envolver para evitar accidentes!



4. Aluminio

Latas de refresco

Latas de cerveza, gaseosas y néctares.



Latas de conserva

Latas de alimentos de conserva como maíz dulce, leche condensada, atún, hongos y garbanzos.



Metales

Tornillos, herramientas, cables, ollas, tuberías, cubiertos, adornos y joyería.



**¡Entregar los materiales
limpios y secos!**



No se recicla



- Papel aluminio
- Empaques metalizados de comida como galletas, café y frituras.



7.6 Apéndice 6: Intervención con base en las normas sociales.

Buenos días/tardes nombre de la persona, se le informa que:

El sector donde se ubica su casa separó más residuos en comparación con los otros sectores de casas en el CATIE.



Continúe de esta manera y siga las instrucciones de la guía de reciclaje.

¡ Separe sus residuos correctamente, colabore con el CATIE a reciclar !

A. 6. 1. Etiqueta enviada a hogares con mayor separación de residuos.

¡ OJO ! El sector donde se ubica su casa separó menos residuos en comparación con los otros sectores de casas en el CATIE.



- Siga las instrucciones de la guía de reciclaje.
- Deposite en el contenedor y el día correspondiente.

¡ Separe sus residuos correctamente, colabore con el CATIE a reciclar !

A.6. 2. Etiqueta enviada a hogares con menor separación de residuos.

Nota:

Los sectores esta conformados de la siguiente manera:

Sector 1 conformado por: Residencias 60s y 102.

Sector 2 conformado por: Residencias ABC, 66s y 80s.

Sector 3 conformado por: Residencias 109 y 87s.

7.7 Apéndice 7: Intervención con base en la planificación.

Buenos días/tardes nombre de la persona,

¿Sabía que dentro del CATIE se cuenta con un sistema de gestión de residuos? para que este proceso funcione, los vecinos desempeñan un papel clave. Por esto se le pide:

- 1) Separar los residuos valorizables (papel/cartón, vidrio, aluminio y plástico) según la guía de reciclaje proporcionada.
- 2) Recordar que los días de recolección son:

Miércoles → Valorizables (reciclaje)

Jueves → No valorizables (basura)

Los residuos son recolectados en el transcurso de la mañana, preferiblemente dispóngalos antes de las 7 de la mañana del día correspondiente.

- 3) Depositar los residuos en el contenedor correspondientes:

Contenedores Amarillos (materiales reciclables) → Valorizables (reciclaje)

Contenedor Rojo (difícilmente reciclable) → No valorizables (basura)

Los miércoles se destina específicamente a la recolección de residuos valorizables (reciclaje), este día los residuos recolectados son enviados al centro de acopio del CATIE para ser clasificados. Razón por la cual es de suma importancia que al sacar los residuos los haga el día que corresponde y en el contenedor que está señalado para este tipo de residuos, de esta manera colabora en que la mayoría de los residuos puedan recuperarse.

¿Cómo afecta la manera en que manejo mis residuos al reciclaje del CATIE?



Su colaboración es de suma importancia para mejorar la gestión de residuos en el CATIE. Se le agradece su esfuerzo y compromiso en separar correctamente sus residuos.

8 ANEXOS

8.1 Anexo 1: Clasificación de residuos sólidos ordinarios.

Cuadro A .1. 1. Categorías de residuos sólidos ordinarios.

Categoría	Material
Biodegradable	Restos de comidas, restos de jardinería y residuos orgánicos.
Papel/Cartón	Papel blanco, de color, periódico, cartón liso y corrugado, papel china, etc.
Cartoncillo	Cartoncillo impreso, cartoncillo liso, etc.
Plástico PED Y HDPE	Envases, botellas elaboradas con plásticos tipo 1 y 2 (PED y HDPE).
Otros plásticos: LDPE y PP	Recipientes plásticos, envases y bolsas de polietileno de baja densidad (#4) y polipropileno (#5).
Vidrio	Botellas, cristalería, vidrio plano, entre otros.
Metal	Latón, trozos de varillas, alambres, chatarra en general.
Aluminio	Latas de aluminio.
Textiles, cuero y hule	Retazos de tela y cuero, piezas de ropa, bolsos, zapatos de cuero, hule en general.
Polilaminados	Envases tetra brik.
Residuos peligrosos	Baterías secas, restos de medicamentos, envases de productos de limpieza, envases de pintura, cartuchos y tóner de impresora, envases de lubricantes, insecticidas, bombillos.
Residuos eléctricos y electrónicos	Monitores, pantallas planas, computadoras, baterías de computadoras, celulares o UPS, cargadores, escáner, teléfonos celulares, impresoras, cámaras fotográficas, calculadoras, y otros similares.
No valorizables	Material fino como polvo de barrido, residuos sanitarios (papel higiénico, pañales, servilletas), escombros, madera, empaques metalizados, poliestireno (#6) incluyendo estereofón y plásticos desechables (vajillas desechables), otros plásticos (#7), policloruro de vinilo (PVC, #3) y residuos muy contaminados que dificulta su separación.