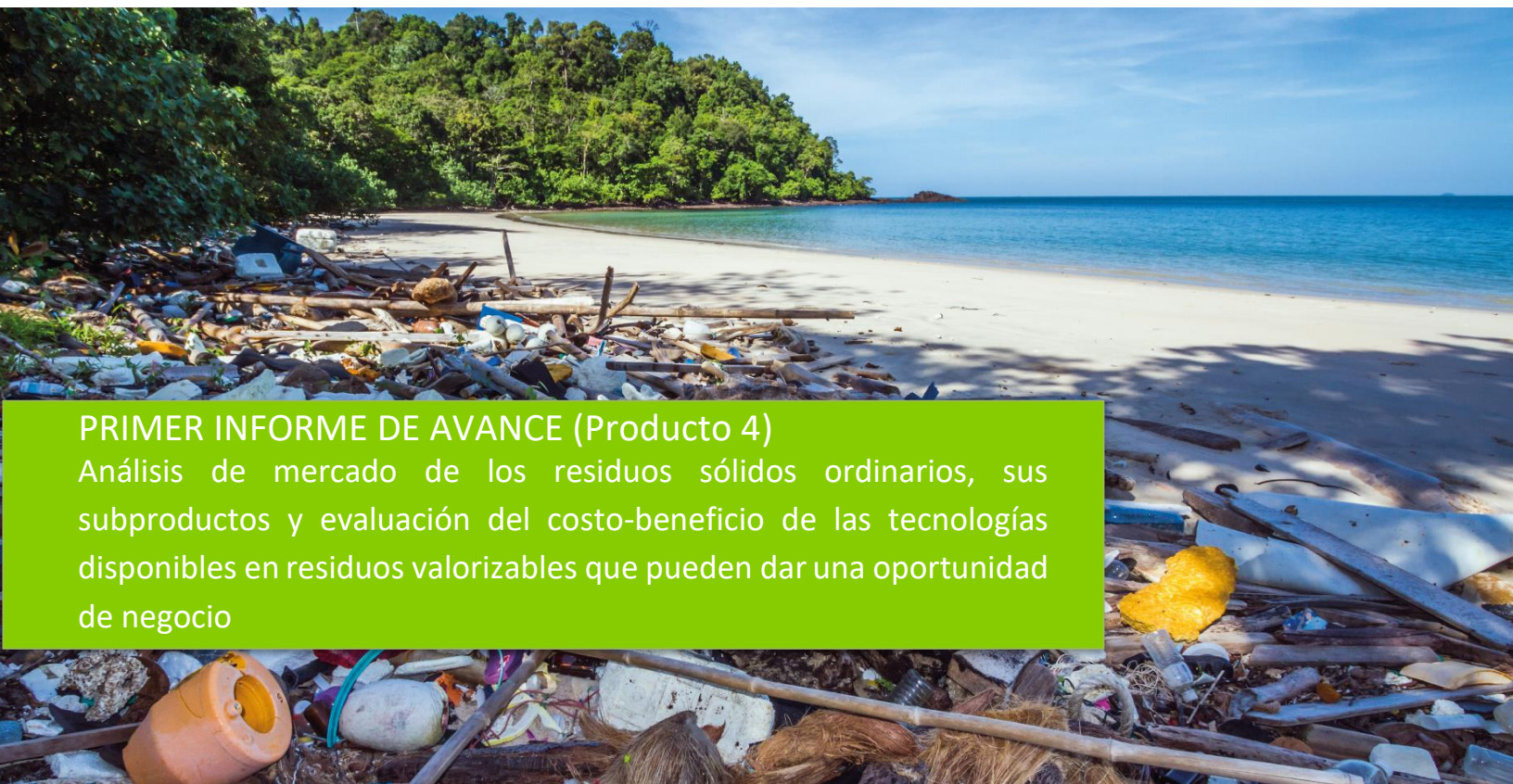




# TRANSFORMA

RESIDUOS EN RECURSOS



## PRIMER INFORME DE AVANCE (Producto 4)

Análisis de mercado de los residuos sólidos ordinarios, sus subproductos y evaluación del costo-beneficio de las tecnologías disponibles en residuos valorizables que pueden dar una oportunidad de negocio



Por encargo de:



de la República Federal de Alemania

En cooperación con:



**Publicado por:**

Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Oficinas registradas  
Bonn y Eschborn, Alemania

**Contacto:**

CENTRO CAMBIO CLIMÁTICO  
Boulevard Dent, Esquina Calle Ronda  
San Pedro, Costa Rica  
T + 506 2528-5420  
E [sandra.spies@giz.de](mailto:sandra.spies@giz.de)  
I [www.giz.de](http://www.giz.de)



[programa.accionclima](https://www.facebook.com/programa.accionclima)

**Autoras:**

Lilliana Abarca Guerrero  
Susy Lobo Ugalde

**Colaboración:**

Ericka Calderón Vargas  
Rosibel Rodríguez Leandro  
Laura Ureña Vargas

**Supervisado por:**

Alexia Quirós Rojas

**Fotos:**

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

**Por encargo del**

Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear  
en el marco de su Iniciativa Internacional para la Protección del Clima (ICI)

San José, Costa Rica, 2020

## Contenido

Presentación .....	1
1. El caso del plástico .....	3
1.1. Introducción .....	3
1.2. Descripción/potencial de transformación de la demanda.....	6
1.3. Impactos, co-beneficios encontrados, tecnologías, aspectos financieros y precios internacionales, competitividad.....	8
1.3.1. Impactos.....	8
1.3.2. Co- beneficios encontrados.....	9
1.3.3. Sobre la nueva tecnología y su inversión .....	10
1.3.4. Aspectos financieros y precios internacionales.....	12
1.3.5. Competitividad .....	15
1.4. Factores claves en el desarrollo e implementación de la transformación del plástico y barreras .....	16
1.4.1. Factores claves en el desarrollo.....	16
1.4.2. Barreras.....	16
1.5. Alianzas público privadas y legislación .....	17
1.6. Conclusiones y recomendaciones .....	17
2. El caso del cartón.....	19
2.1. Introducción .....	19
2.2. Descripción/potencial de transformación de la demanda.....	22
2.3. Impactos, co-beneficios encontrados, tecnologías, aspectos financieros y precios internacionales, competitividad.....	23
2.3.1. Impactos.....	23
2.3.2. Co-beneficios .....	26
2.3.3. Sobre la nueva tecnología y su inversión .....	27
2.3.4. Aspectos financieros y precios internacionales.....	27
2.3.5. Competitividad .....	29
2.4. Factores claves en el desarrollo e implementación de la transformación del cartón y barreras.....	30
2.5. Alianzas público privadas y legislación .....	31
2.6. Conclusiones y recomendaciones .....	31
3. El caso de los residuos orgánicos.....	32
3.1. Introducción .....	32
3.2. Descripción/potencial de transformación de la demanda.....	34

3.3.	Impactos, co-beneficios, tecnologías, costos y competitividad .....	38
3.3.1.	Impactos.....	38
3.3.2.	Co-beneficios .....	38
3.3.3.	Sobre la tecnología y su inversión.....	41
3.3.4.	Aspectos financieros.....	41
3.3.5.	Inversión .....	44
3.3.6.	Competitividad .....	45
3.4.	Factores claves en el desarrollo e implementación de la transformación de los residuos orgánicos y barreras identificadas.....	45
3.4.1.	Factores claves para la implementación de la transformación .....	45
3.4.2.	Barreras identificadas.....	46
3.5.	Alianzas público privadas y legislación .....	48
3.5.1.	Alianzas público privadas.....	48
3.5.2.	Sobre la legislación.....	48
3.6.	Conclusiones y recomendaciones .....	54
4.	Fuentes bibliográficas.....	55
5.	Anexos .....	58
	Anexo 1. Encuesta para las empresas de cartón, plástico y residuos orgánicos ....	58
	Anexo 2. Estado de ejecución del plan de trabajo .....	60

## Índice de Figuras

Figura 1.	Cadena de valor del material plástico .....	6
Figura 2.	Extrusora de plástico.....	10
Figura 3.	Máquina para imprimir .....	11
Figura 4.	Peletizadora de plástico .....	11
Figura 5.	Línea de lavado .....	11
Figura 6.	Máquina automática de moldeo para inyección de plástico horizontal .....	11
Figura 7.	Extrusora de plástico.....	12
Figura 8.	Ciclo de vida del cartón.....	19
Figura 9.	Línea del tiempo del cartón .....	21
Figura 10.	Cantidades generadas de cartón y papel por provincia (ton/día) .....	22
Figura 11.	Comparación de las emisiones de GEI evitadas por el reciclaje de papel y cartón en Costa Rica con los dos factores de emisión elaborados por a) Turner et al. (2015) y b) WARM 15. ....	25
Figura 12.	Maquinaria para fabricación de cartón.....	27
Figura 13.	Variación de precios por tonelada corta en dólares estadounidenses del cartón corrugado usado en mercados abiertos.....	28

Figura 14. Resumen de la fuente de origen de los residuos orgánicos ordinarios, íconos de flaticon.com.....	32
Figura 15. Ejemplos de residuos considerados como fracción orgánica, íconos de flaticon.com.....	33
Figura 16. Resumen del proceso de trabajo de la empresa Biofutura, íconos de flaticon.com.....	37
Figura 17. Modelo de distribución de un patio de compostaje.....	41

## Índice de Cuadros

Cuadro 1. Tipos de plásticos convencionales según su composición química.....	3
Cuadro 2. Lista de subproductos o usos de residuos valorizables en el país.....	7
Cuadro 3. Emisiones de GEI evitadas por el reciclaje de residuos en empresas gestoras o transformadoras de residuos plásticos en Costa Rica.....	9
Cuadro 4. Resumen de la tecnología requerida para la transformación del plástico	10
Cuadro 5. Costos de operación y mantenimiento para la transformación del plástico (en US\$).....	12
Cuadro 6. Costos de la electricidad por kW/h en Centroamérica (en US\$).....	13
Cuadro 7. Precios promedio de compra de los materiales plásticos HDPE, LDPE y PP (en dólares).....	14
Cuadro 8. Precios ofrecidos por un kg del material virgen en diciembre 2019 (valores mayores del mes).....	15
Cuadro 9. Costos de operación y mantenimiento para la transformación del cartón (en %)......	29
Cuadro 10. Cantidades de residuos orgánicos generadas, no recolectadas y dispuestas en vertederos o rellenos sanitarios por provincia y por día (Ton).....	34
Cuadro 11. Cantidades de residuos orgánicos transformados (Ton/año).....	35
Cuadro 12. Resumen de los costos de operación y mantenimiento de las tecnologías de tratamiento centralizado de residuos orgánicos (en dólares).....	43
Cuadro 13. Barreras económicas, tecnológicas y de ubicación e infraestructura de la transformación de los residuos orgánicos.....	46
Cuadro 14. Lista de municipalidades con reglamentos sobre gestión integral de residuos sólidos que consideran los residuos orgánicos.....	48
Cuadro 15. Estado de ejecución del plan de trabajo.....	60

## Siglas

ABS	Acrilonitrilo Butadieno Estireno (por sus siglas en inglés).
ACEPESA	Asociación Centroamericana para la Economía, la Salud y el Ambiente.
ACIPLAST	Cámara Costarricense de la Industria del Plástico,
BMU	Ministerio de Ambiente (por sus siglas en alemán).
CAC	Centro Agrícola Cantonal
CH <sub>4</sub>	Metano.
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono.
CO <sub>2e</sub>	Dióxido de Carbono Equivalente.
CRUSA	Fundación de Costa Rica Estados Unidos para la Cooperación.
CYMA	Programa Competitividad y Medio Ambiente en Costa Rica.
DCC	Dirección de Cambio Climático.
ENSRVR	Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos.
EPA	Environmental Protection Agency (por sus siglas en inglés).
FITTACORI	Fundación para el Fomento y Promoción de la Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria de Costa Rica
GEI	Gases de Efecto Invernadero.
GIRS	Gestión Integral de Residuos Sólidos.
GIZ	Cooperación Internacional Alemana.
HDPE	Polietileno de Alta Densidad (por sus siglas en inglés).
IFAM	Instituto de Fomento y Asesoría Municipal.
IKI	Iniciativa Internacional de Cambio Climático (por sus siglas en alemán).
IVA	Impuesto al Valor Agregado
kgCO <sub>2e</sub> / Ton	Kilogramos de Dióxido de Carbono equivalente entre tonelada.
LDPE	Polietileno de Baja Densidad (por sus siglas en inglés).
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía.
MTCO <sub>2e</sub> /Short Ton	Tonelada métrica de CO <sub>2e</sub> / Tonelada corta de material recuperado (residuos que no han sido procesados o reciclados).
NAMA	Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas (por sus siglas en inglés).
OBD	Plásticos oxo-biodegradables.
PC	Policarbonato.

PET	Polietileno Tereftalato (por sus siglas en inglés).
PP	Polipropileno (por sus siglas en inglés).
PS	Poliestireno (por sus siglas en inglés).
PVC	Cloruro de Polivinilo (por sus siglas en inglés).
PyCS	Producción y Consumo Sostenible.
SETENA	Secretaria Técnica Nacional Ambiental.
UNGL	Unión Nacional de Gobiernos Locales.

## Conceptos

Los siguientes conceptos se tomaron de diferentes documentos elaborados por el Programa CyMA – GIZ, de la Guía de implementación del PPCN 2.0 categoría cantonal y a la legislación vigente en el país.

**Biomasa:** Masa total de organismos vivos en una zona o volumen determinado; a menudo se incluyen los restos de plantas que han muerto recientemente. Por ejemplo, la lecha, los restos o los residuos de poda.

**Biometanización:** Proceso de descomposición de los residuos orgánicos en ausencia de oxígeno, esto lo hace ser un tratamiento anaerobio, utiliza únicamente los gases producidos por los propios residuos, en reactores cerrados denominados digestores, principalmente por acción del metano y dióxido de carbono.<sup>1</sup>

**Compost:** Mejorador del suelo que se obtiene luego de un proceso de descomposición de la materia orgánica en condiciones húmedo aeróbicas o con presencia de oxígeno.

**Compostaje:** Técnica que permite la descomposición aeróbica de la materia orgánica biodegradable en forma controlada para lograr un producto utilizable como mejorador de suelo.

**Digestato:** Remanente sólido del proceso de biometanización. El digestato debe ser retirado del reactor, cuando la producción de gas disminuye. Debe trasladarse a un patio de compostaje para ser transformado en abono.

**Disposición final:** Última actividad operacional del manejo de residuos sólidos, mediante la cual los residuos son descargados en forma definitiva, en un lugar debidamente acondicionado para tal fin.

**Degradabilidad:** La capacidad que tiene una sustancia de convertirse en otra(s) sustancia(s) más simples.

**Economía de escala:** Una empresa al incrementar la producción de un bien o servicio, sus costos totales disminuyen, por lo que se genera un mayor beneficio por cada unidad adicional de producción del bien o del servicio.

**Ecotoxicidad:** La ecotoxicidad es la resultante de todos los estreses tóxicos que actúan sobre el ambiente. El principio de la ecotoxicología es que los organismos vivos son herramientas esenciales para la evaluación de la calidad ambiental, puesto que ellos son los que están expuestos a los efectos combinados de la ecotoxicidad.

**Emisión:** Liberación a la atmósfera de gases de efecto invernadero.

**Estuco:** Capa de minerales blancos finamente molidos que se añaden en la superficie para rellenar los huecos que quedan entre las fibras al formarse el papel y mejorar sus propiedades óptimas y de impresión.

**Eutroficación:** Aumento de la población de algas por exceso de nitrato, al morir y descomponerse agota el oxígeno del agua, lo que hace que los peces mueran por asfixia.

**Generación:** Se origina cuando una persona física o jurídica, pública o privada, produce residuos al desarrollar procesos productivos, agropecuarios, de servicios, de comercialización o de consumo.

---

<sup>1</sup> M. Soliva. M. (2011). Guía para la recogida separada y gestión de la fracción orgánica. Ministerio de Transición Ecológica. España.



**Gestión integral de residuos:** Conjunto articulado e interrelacionado de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación para el manejo de los residuos, desde su generación hasta la disposición final.

**Gestor:** Persona física o jurídica, pública o privada, encargada de la gestión total o parcial de los residuos, y autorizada conforme a lo establecido en la Ley 8839 o sus reglamentos.

**Lixiviado:** Líquido que percolado a través de los residuos sólidos, acarrea materiales disueltos o suspendidos.

**Manejo integral:** Medidas técnicas dirigidas a darle a los residuos el destino más adecuado de acuerdo a sus características, con la finalidad de prevenir daños o riesgos a la salud humana o al ambiente. Incluye el almacenamiento, limpieza de vías y áreas públicas, recolección, transferencia, transporte, tratamiento, disposición final. Así como la valorización de los residuos valorizables.

**Metano:** Es un hidrocarburo, gas de efecto invernadero, producido por la descomposición anaerobia (sin oxígeno) de residuos en vertederos; por la digestión animal; la descomposición de residuos animales; la producción y distribución de gas natural y petróleo; la producción de carbón y la combustión incompleta de combustibles fósiles. El metano es uno de los seis gases de efecto invernadero que se intenta reducir en el marco del Protocolo de Kyoto.

**Micro organismos eficientes:** Cultivo que une a diferentes especies de microorganismos beneficiosos aeróbicos (que pueden vivir con oxígeno) o anaeróbicos (que necesitan oxígeno para vivir). Al juntarlos se obtienen un producto líquido muy beneficioso para el tratamiento de aguas residuales, reducción de malos olores, entre otros.

**Pelletización:** Método utilizado para el procesamiento de un material (materia orgánica, plásticos, metales) para convertirlo en pellets o gránulos. Es el primer paso para la transformación, se utilizan máquinas y equipo.

**Protocolo de Kyoto:** El protocolo de Kioto es un convenio de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio Climático (CMNUCC) y un tratado internacional cuyo objetivo principal es lograr la disminución en la emanación de seis gases de efecto invernadero, que originan el calentamiento global: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y gas metano (CH<sub>4</sub>); además de otros tres gases industriales fluorados como lo son: perfluorocarbonos (PFC), hidrofluorocarbonos (HFC), y hexafluoruro de azufre, en al menos un 5%.<sup>2</sup>

**Reciclaje:** Transformación de los residuos por medio de distintos procesos de valorización que permiten restituir su valor económico y energético, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución implique un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud y el ambiente.

**Recolección:** Acción de recolectar los residuos sólidos de competencia municipal en las fuentes de generación o recipientes, que serán trasladados a las estaciones de transferencia, instalaciones de tratamiento, o disposición final.

**Recolección selectiva:** Servicio de recolección separada de residuos sólidos previamente separados en la fuente que permite que ciertos residuos sólidos puedan ser valorizados.

**Relleno Sanitario:** Método de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos que se generan en el cantón de acuerdo con el Reglamento de Rellenos Sanitarios.

---

<sup>2</sup> <https://conceptodefinicion.de/protocolo-de-kioto/>

**Residuo:** 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.

**Residuos ordinarios:** Residuos de carácter doméstico generados en viviendas y en cualquier otra fuente, que presentan composiciones similares a los de las viviendas. Se excluyen los residuos de manejo especial o peligroso, regulados en la Ley 8839 y en su Reglamento.

**Residuo sólido valorizable:** Residuo que tiene valor de reuso o tiene potencial de ser valorizado a través de procesos de reciclaje o compostaje.

**Residuo sólido no valorizable:** Residuo que no tiene valor de uso o recuperación y que debe ser adecuadamente dispuesto en un relleno sanitario.

**Separación:** Procedimiento mediante el cual se evita desde la fuente generadora que se mezclen los residuos, para facilitar el aprovechamiento de materiales valorizables y se evite su disposición final.

**Tisúes:** Pañuelo de papel.

**Transformación:** Véase tratamiento.

**Tratamiento:** Proceso de transformación físico, químico o biológico de los residuos sólidos que procura obtener beneficios sanitarios o económicos, reduciendo o eliminando los efectos nocivos para la salud y el ambiente.

**Valorización:** 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.

**Vertedero:** Sitio o paraje, sin preparación previa, donde se depositan los residuos sólidos, sin técnica o mediante técnicas muy rudimentarias y en el que no se ejerce un control adecuado.

## Presentación

El presente informe de avance sobre el *producto 4: Realizar y analizar tres casos de estudio tipo Harvard del uso de subproductos de residuos ordinarios como oportunidad de negocio estable*, responde a la consultoría **análisis de mercado de los residuos sólidos ordinarios, sus subproductos y evaluación del costo-beneficio de las tecnologías disponibles en residuos valorizables que pueden dar una oportunidad de negocio, concurso 106-2019** y es ejecutada por la Asociación Centroamericana para la Economía, la Salud y el Ambiente (ACEPESA).

Esta investigación tiene como objetivo general **“analizar el mercado de los residuos sólidos ordinarios, sus subproductos y evaluar sus opciones tecnológicas que puedan servir como oportunidad de negocio a nivel nacional”**.

Los objetivos específicos planeados son:

1. Determinar potenciales subproductos y/o usos de los residuos sólidos ordinarios actualmente en el sector residuos y en el mercado nacional.
2. Determinar el impacto y costo-beneficio de tecnologías existentes en la logística, valorización y/o tratamiento de los residuos sólidos ordinarios.
3. Desarrollar casos de estudio tipo Harvard para subproductos como oportunidad de negocios escalables a nivel nacional.
4. Valorar técnica y financieramente el uso de tecnologías de tratamiento para residuos orgánicos.
5. Acompañar y asesorar en talleres de intercambio de experiencias con municipalidades y actores del sector privado (industria, exportadores, importadores, procesadores, recicladores) según los resultados obtenidos en la consultoría.

Respecto a los tres casos de estudio, los criterios de selección establecidos por la -GIZ y la fundación CRUSA son:

- residuos con mayor volumen.
- mayor potencial de transformación según el número de subproductos y tecnologías disponibles.
- costos de transformación en Costa Rica y su competitividad.

Por lo tanto, los residuos seleccionados para el análisis son los de: plástico, cartón y orgánicos. En el caso de los residuos orgánicos, se aclara que el precio de venta del compost no es en el país una variable a considerar, según las condiciones actuales, pero la transformación de los residuos orgánicos si tiene un potencial significativo por su peso relativo en la generación de residuos sólidos ordinarios, por lo tanto, fue por razones más ambientales que económicas que se consideró su inclusión en el informe.

La metodología utilizada para la elaboración de este informe consistió en la sistematización elaborada en los productos 2 y 3 de la presente consultoría. La revisión de fuentes primarias sobre cada residuo seleccionado. Además, se elaboró y aplicó una encuesta a representantes de cuatro empresas de los residuos seleccionados (**Anexo 1**).

Por lo que se agradece a los señores Javier Rodríguez de la empresa Biofutura (residuos orgánicos), Jaime Hernando López Naranjo de la empresa Producol y a Jaime Cerdas de la empresa Mundorep (plástico) y a Roberto Araya de la empresa Empaques Santa Ana (cartón), por la información brindada para profundizar el análisis.

Se presenta la información en tres secciones. En la primera se analiza el caso del plástico, la segunda corresponde al cartón y finalmente a los residuos orgánicos. En todos los apartados se desarrollan los siguientes aspectos:

- Introducción general del tipo de residuos, incluyendo su oferta nacional
- Descripción/potencial de transformación de la demanda
- Impactos, co-beneficios, tecnología, costos, inversión, competitividad, entre otros, incluyendo los precios internacionales
- Factores claves en el desarrollo e implementación de la transformación del plástico, cartón y residuos orgánicos y sus barreras identificadas.
- Alianzas público privadas y legislación.
- Conclusiones y recomendaciones.








En el **Anexo 2** se presenta el estado de avance según el plan de trabajo establecido en la consultoría.

# 1. El caso del plástico

## 1.1. Introducción

Los plásticos son polímeros provenientes del petróleo junto con la combinación de aditivos, que logran brindar características deseadas al producto terminado. Las diferentes mezclas posibles de estos compuestos y aditivos permiten una diversidad y variaciones dando como resultado distintos tipos de plástico. Los tipos de plásticos se muestran en el **Cuadro 1**.

*Cuadro 1. Tipos de plásticos convencionales según su composición química*

Número	Nombre	Siglas	Usos
	Tereftalato de Polietileno	PET	Envases de alimentos; botellas de agua, jugos, refrescos, aceites. Se puede reciclar y reutilizar.
	Polietileno de alta densidad	HDPE	Envases de botellas de leche, de detergentes, bolsas plásticas y botellas de champú. Se puede reciclar y reutilizar. Más rígido y resistente a temperaturas frías y calientes.
	Polivinilo	PVC	Juguetes para niños, envoltorios de alimentos, mangueras, tuberías, marcos de puertas, interiores de automóviles. No se reutiliza ni recicla. Tiene muchos productos tóxicos.
	Polietileno de baja densidad	LDPE	Bolsas y botellas de agua. Es muy seguro. Se puede reutilizar, y algunas veces reciclar.
	Polipropileno	PP	Pajillas, envases de mantequilla y yogur, biberones, pañales desechables. Se puede reciclar y reutilizar.
	Poliestireno	PS	Bandejas de alimentos (carnes), cubiertos, embalajes, y para muchas otras cosas como aislante para edificios. No puede ser reutilizado para usos alimenticios. Es altamente contaminante. Es muy costoso de reciclar.
	Otros Acrilonitrilo Butadieno Estireno, Policarbonatos (como ejemplos)	Otros	Se encuentra el PC (Policarbonato): CD's y DVD'S. Plásticos biodegradables que son fabricados a base de almidones vegetales. Los etiquetados como PLA son biodegradables.

Fuente: DIGECA-MINAE, 2016, Clasificación según Eden, 2019

■ Material seguro    ■ Usar con precaución    ■ Material dañino

A pesar de que existen muchos tipos de plásticos, el mercado internacional y nacional está dominado por cuatro tipos principales:

- polietileno de alta (HDPE y baja densidad (LDPE),
- tereftalato de polietileno (PET),
- polipropileno (PP),
- cloruro de polivinilo (PVC).

A continuación, se muestran algunos ejemplos de los distintos tipos de plásticos.

1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

El Cuadro 1 presenta los **plásticos convencionales** o sea, todos aquellos plásticos que su base procede únicamente de la extracción de combustibles fósiles. Existen además los conocidos como los plásticos oxo-biodegradables, los biodegradables y los compostables. Sus definiciones se presentan a continuación.

Los **plásticos oxo-biodegradables (OBD)** son aquellos caracterizados por tener en su composición aditivos como cobalto, hierro, magnesio y níquel. Esos metales se pueden incorporar en un rango de 1% a 4% en formulaciones de plástico convencionales como los

PET, PP y PS. Esa incorporación facilita el proceso de oxidación del polímero, por lo que rompe la cadena en pequeñas moléculas, las cuáles se degradan posteriormente por la acción biológica. La degradación de los OBD se da por dos formas de degradación: primero se da la oxidación/fragmentación y luego ocurre la biodegradación.

Los **plásticos biodegradables**, según Castellón (2010), son materiales plásticos completamente asimilables por los microorganismos presentes en un medio biológico activo, que lo utilizan como alimento y fuente de energía. Para que un plástico sea categorizado como biodegradable el carbono de la estructura de los plásticos debe convertirse completamente en CO<sub>2</sub> durante la actividad microbiana. Dentro de los plásticos biodegradables, se encuentran los bioplásticos, los cuales son aquellos que:

1. Tienen como base fuentes naturales.
2. Son plásticos completamente biodegradables y compostables.

Por lo que también se puede definir los **plásticos compostables** como todos los plásticos biodegradables bajo condiciones de compostaje, tales como: temperatura, humedad, presencia de microorganismos, en un espacio de tiempo determinado.

De acuerdo a las normas internacionales, como las ISO 18451, 18452 (degradabilidad aeróbica en agua), 18453 (degradabilidad anaeróbica en agua), 18455 (compostaje aeróbico), la NE 13432 y las ASTM D6400 y D6868, debe cumplirse: que al menos el 90% de la parte orgánica del material debe convertirse en CO<sub>2</sub>, en menos de 6 meses de contacto con un medio biológicamente activo y que el material resultante debe pasar exámenes agronómicos (comportamiento sobre las plantas) y de ecotoxicidad (Castellón, 2010).

En Costa Rica se han realizado aproximaciones acerca de la cantidad de residuos plásticos que se producen al año. Potencialmente se generan **180 000 Toneladas**, (ver informe producto 1 de la presente consultoría), otros han indicado entre 110 000 a 170 000 Ton y poco de esto se recicla (Seminario Universidad, 2019).

Se indica que, de estos residuos, únicamente alrededor de **134 000 Ton/año** son dispuestas en vertederos o rellenos sanitarios. La diferencia entre lo generado y lo dispuesto, corresponde a las cantidades no recolectadas por el servicio municipal. Además, estos datos no consideran la recuperación actual de los plásticos. Datos del informe de la NAMA Residuos (2018) menciona que *“en el caso del reciclaje del plástico, debido a las características<sup>3</sup> de las empresas dedicadas al reciclaje del material, no se tiene información consolidada de las cantidades transformadas en el país”*.

La **Figura 1** muestra de manera simple la cadena de valor para el plástico en Costa Rica, esta ha sido adaptada de Gibler (2018).

---

<sup>3</sup> Se refiere principalmente al tamaño de las empresas, en su mayoría pequeñas, además no están organizadas en ninguna cámara o gremio, lo que dificulta su ubicación, además debido a la variedad de tipos de plásticos.

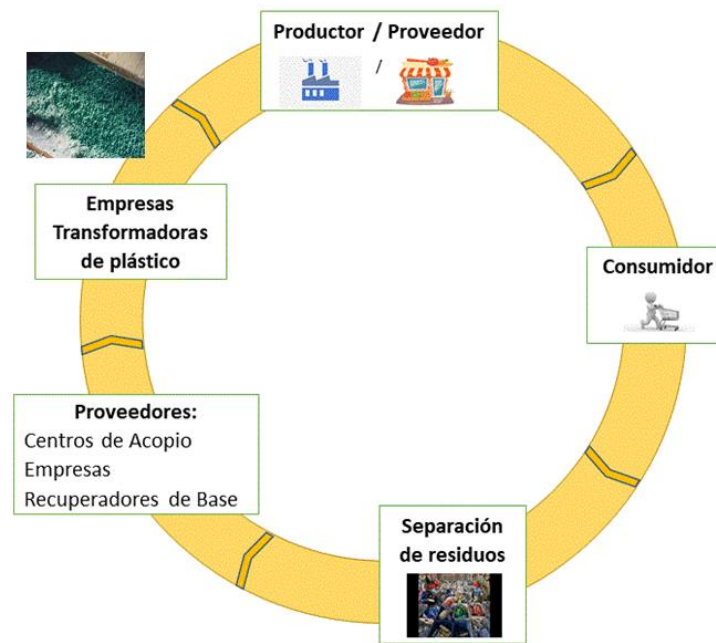


Figura 1. Cadena de valor del material plástico

Fuente: elaboración propia adaptado de Gibler, 2018.

## 1.2. Descripción/potencial de transformación de la demanda

El reciclaje surge como la alternativa de transformación de los residuos por medio de distintos procesos de valorización que permiten restituir su valor económico y energético, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución implique un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud y el ambiente.

Existen diferentes tipos de procesos de reciclaje, aunque los principales son los siguientes:

- **Reciclaje mecánico:** es un sistema por el que se cortan las piezas de plástico en pequeños granos para tratarlos posteriormente. Se trabaja principalmente con macromoléculas de los polímeros.
- **Reciclaje químico:** se degradan los materiales plásticos mediante calor para conseguir nuevamente moléculas simples a partir de las cuales se pueden conseguir otros tipos de plásticos o combustibles.
- **Reciclaje energético:** es aquel sistema que convierte el plástico para un posterior aprovechamiento energético.

En Costa Rica, en la actualidad se identificaron varios subproductos obtenidos a través de la valorización del plástico. En el **Cuadro 2** se presenta la información recopilada.



Cuadro 2. Lista de subproductos o usos de residuos valorizables en el país

Residuo valorizable	Subproductos
	<b>Plásticos</b>
PET, HDPE, PVC, LDPE, PP y PS	1. Resinas 2. Bobinas para Termoformado <sup>4</sup>
HDPE, PVC, LDPE, PP, PS y otros (ABS)	Madera plástica: 3. Mesas 4. Basureros 5. Playgrounds 6. Bancas y sillas 7. Maceteros 8. Decks 9. Cercas 10. Barandas 11. Cerramientos 12. Muelles 13. Puentes 14. Senderos 15. Rótulos 16. Materiales varios para industria, agro, comercio.
LDPE y HDPE	17. Teja plástica
LDPE	18. Bolsas plásticas 19. Ganchos 20. Escobas 21. Cajas plásticas 22. Plástico de construcción 23. Botellas sopladas para detergentes 24. Huacales o recipientes 25. Strech film
Todos los plásticos	26. Eco arena 27. Eco bocel 28. Eco bordillo 29. Eco loseta 30. Eco muroblock 31. Zacateblok 32. Eco adoquín 33. Peletización

Fuente: elaboración propia con base en las entrevistas realizadas

Se destaca que las empresas en general comentaron que la fabricación de productos está en función a la tecnología que tienen disponible. Se podría incrementar o diversificar la producción, pero para ello requieren adquirir o ampliar la tecnología. Por ejemplo, se comentó que se puede utilizar los residuos de plástico para la construcción de carreteras, pero se necesitan millones de dólares para la adquisición de la maquinaria. Otra empresa considera que puede fabricar capas, pero también la inversión en la nueva maquinaria es significativa.

De las empresas entrevistadas se encontró que demandan **17 ton/día (6195 ton/año)**, los tamaños de las empresas varían, desde 96 ton/año a 5 263 ton/año. Los casos que se presentan a continuación son los de las empresas Producol y Mundorep (**recuadro 1**).

<sup>4</sup> es un proceso para la fabricación de productos de plástico a partir de láminas semielaboradas, que pueden ser utilizadas para envases, piezas para electrodomésticos y automoción, por ejemplo.

### Recuadro 1

Producol ha permanecido en el mercado desde hace 18 años. Sus productos tienen varias presentaciones, siendo algunas de ellas: mesas, basureros, playgrounds, bancas y sillas, entre otros. El procesamiento del residuo plástico surge como una oportunidad ya que había mucho material de desecho disponible, además de tecnologías existentes en países cercanos y el interés de algunos emprendedores en desarrollar productos en el país. Al inicio fue complicado y difícil. Lo primero que había que buscar era la materia prima. El programa Misión Planeta, facilitó cajas de polietileno de alta densidad (2) y tapas de polipropileno (5). Las bananeras también participaron entregando piola y bolsas de protección de banano.

Los materiales se compran dependiendo del tipo, separado el de color del claro, o impreso del material transparente y todo limpio y seco, para ofrecer un mejor precio. Los proveedores llevan el material a la planta con base en una programación de necesidades de la empresa. Se entrega el material en pacas y/o sacas cuyos pesos son verificados a la recepción y deben facturar con factura electrónica como cualquier otra proveduría. La relación entre Producol y sus proveedores se basa en la confianza del trabajo conjunto.

**Mundorep** es una empresa también transformadora de residuos plásticos con 12 años en valorización de plástico, para producción de resinas y como producto terminado el plástico negro de cobertura de 2 metro doble y de 1.5 m. Reciben plástico de acopiadores independientes con predios de tamaño de mediano a grande donde tienen gente seleccionando y embalando el plástico que recogen de diferentes fuentes de abasto como pueden ser: comercio, industria, hogares, etc. Los tipos recibidos son 2, 4, 5 y algunos polilaminados. Sus productos van a fábricas de productos plásticos que no estén en contacto directo con alimentos a saber: ganchos, prensas de ropa, bolsas de basura, bolsas de comercio, stretch film, etc. Se exportan a los países centroamericanos a excepción de Honduras. La empresa tiene mucho interés de poder certificar las resinas preparadas y poder tener acceso al mercado europeo.

## 1.3. Impactos, co-beneficios encontrados, tecnologías, aspectos financieros y precios internacionales, competitividad

### 1.3.1. Impactos

Actualmente Costa Rica apuesta a la Carbono Neutralidad, o sea se refiere al estado en el que las emisiones netas de gases efecto invernadero expedidas al ambiente equivalen a cero. De acuerdo a estimaciones basadas en Turner et al. (2015) o WARM 15<sup>5</sup>, por cada Ton de plástico se evitan **-6 343 680 kg CO<sub>2e</sub>** o **-7 171 721 kg CO<sub>2e</sub>** respectivamente (para mayor detalle revisar el informe del producto 3 de la presente consultoría). Algunas empresas han indicado la cantidad de plásticos transformados y gracias a ello se pueden realizar estimaciones. El **Cuadro 3** muestra las emisiones de GEI evitadas por seis empresas transformadoras de plástico que brindaron información.

---

<sup>5</sup> Debe recordarse que estos factores de emisión corresponden a realidades de otros países. Los datos consideran todo el ciclo de vida de la transformación del plástico. Representan las emisiones evitadas (al no llegar al relleno sanitario) de GEI, ya que las empresas están reciclando dicho material.

Cuadro 3. Emisiones de GEI evitadas por el reciclaje de residuos en empresas gestoras o transformadoras de residuos plásticos en Costa Rica

Nombre empresa	Materiales que demandan	Cantidad aproximada de material consumido (Ton/año)	Cantidad de emisiones evitadas (kgCO <sub>2</sub> e/año)	
			Turner, et al.	WARM 15
Empresa 1	1 (PET), 2 (HDPE), 3 (PVC), 4 (LDPE), 5 (PP), 6 (PS)	102	-104 448	-118 082
Empresa 2	2 (HDPE), 4 (LDPE), 5 (PP), 6 (PS) y 7 (ABS de AyA)	192	-9 216	-10 419
Empresa 3	2 (HDPE), 4 (LDPE), 5 (PP) y 7 Otros (algunos polilaminados)	5263	-5 389 312	-6 092 778
Empresa 4	2 (HDPE), 4 (LDPE) y 5 (PP)	365	-373 760	-422 547
Empresa 5	(2) Polietileno de alta densidad (HDPE), (5) Prolipropileno (PP)	96	-98 304	-111 136
Empresa 6	2 (HDPE), film recibe y sus bolsas son 100% de material reciclado	360	-368 640	-416 759
<b>Total</b>			<b>-6 343 680</b>	<b>-7 171 721</b>

<sup>1/</sup> Proyecto piloto

Fuente: elaboración propia.

### 1.3.2. Co-beneficios encontrados

A continuación, se presenta un resumen de los co-beneficios de la valorización de los residuos plásticos, desde lo ambiental, social y económico.

<b>Ambiental</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Emisiones evitadas de gases de efecto invernadero, al no llegar a los rellenos sanitarios.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se evita la contaminación del aire al no quemarse plásticos en zonas donde es el tratamiento para los residuos</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El reciclaje de productos viejos en productos nuevos prolonga la vida útil del sitio de disposición final, al reducirse la cantidad de residuos que ingresan. Reciclar una tonelada de plástico puede ahorrar 5,66 metros cúbicos de espacio en los rellenos sanitarios<sup>6</sup>.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se reduce el uso de energía eléctrica al conservar la energía que se necesitaría para producir plástico desde cero.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se reduce el uso de materias primas vírgenes al ahorrar los recursos naturales necesarios para producir plástico desde cero.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se disminuye la contaminación del agua dulce como la de los océanos.</li> </ul>

<sup>6</sup> Soffar, H. (2019). Plastic recycling advantages and disadvantages. Online Sciences. <https://www.online-sciences.com/industries/plastic-recycling-advantages-and-disadvantages/> Revisado, 20 enero 2020.

## Social

- Creación de empleo formal en los centros de acopio y empresas transformadoras.
- Creación de trabajo informal a través de recolectores informales cuya única fuente de ingreso es la recolección de residuos para el reciclaje.


## Económico





- Posibilita la consolidación de proyectos productivos para la generación de ingresos alrededor de la producción de pellets y materiales plásticos.
- Minimiza la dependencia externa de materias primas vírgenes.
- Se presenta un ahorro en el transporte y pago por la disposición final de los residuos plásticos, teniendo impacto en las finanzas municipales.
- Producción de biodiesel a partir de bolsas plásticas.

### 1.3.3. Sobre la nueva tecnología y su inversión

La incorporación de tecnología moderna en las empresas transformadoras de plástico permitiría procesar una mayor cantidad de residuos. El **Cuadro 4** muestra la información de los principales equipos mencionados (**Figuras** de la **2** a la **7**) por las personas entrevistadas para el mejoramiento de procesos y de calidad del producto, se considera el monto de la inversión (US \$) y algunas características, especialmente su capacidad.

*Cuadro 4. Resumen de la tecnología requerida para la transformación del plástico*

Tecnología	Inversión (US \$)	Características
 <p data-bbox="416 1715 727 1744"><i>Figura 2. Extrusora de plástico</i></p> <p data-bbox="233 1744 912 1787">Fuente: <a href="http://www.litaimachine.com/products/tjs-750-two-layer-ppps-sheet-extruder.html">http://www.litaimachine.com/products/tjs-750-two-layer-ppps-sheet-extruder.html</a></p>	120 000 en adelante	Es una máquina que se maneja sola, lava, muele, y realiza la extrusión e inyecta. Transforma de 30 kg/h a 300 kg/h dependiendo del tamaño.

Tecnología	Inversión (US \$)	Características
 <p data-bbox="403 568 740 600"><i>Figura 3. Máquina para imprimir</i></p> <p data-bbox="231 600 914 685">Fuente: <a href="https://www.google.com/search?q=printing+plastic+Machine&amp;rlz=1C1OKWM_esCR823CR823&amp;source=lnms&amp;tbn=isch&amp;sa=X&amp;ved=2ahUKEwiamZ3e4brnAhXlx1kKHY3bBiMQ_AUoAXoECAwQAw&amp;biw=1280&amp;bih=578#imgrc=ontG0V1Wg407cM">https://www.google.com/search?q=printing+plastic+Machine&amp;rlz=1C1OKWM_esCR823CR823&amp;source=lnms&amp;tbn=isch&amp;sa=X&amp;ved=2ahUKEwiamZ3e4brnAhXlx1kKHY3bBiMQ_AUoAXoECAwQAw&amp;biw=1280&amp;bih=578#imgrc=ontG0V1Wg407cM</a></p>	<p data-bbox="975 405 1118 539">20 000 en adelante dependiendo del tamaño y funciones</p>	<p data-bbox="1150 461 1190 483">ND</p>
 <p data-bbox="403 981 740 1012"><i>Figura 4. Peletizadora de plástico</i></p> <p data-bbox="209 1012 935 1111">Fuente: <a href="https://www.google.com/search?q=pelletizer+plastic+Recycling+machine&amp;rlz=1C1OKWM_esCR823CR823&amp;source=lnms&amp;tbn=isch&amp;sa=X&amp;ved=2ahUKEwjmprTY5LrnAhUsvkKHclYBfMQ_AUoAXoECBIQAw&amp;biw=1280&amp;bih=578&amp;dpr=1.5#imgrc=-MwMnuG0WldOsM">https://www.google.com/search?q=pelletizer+plastic+Recycling+machine&amp;rlz=1C1OKWM_esCR823CR823&amp;source=lnms&amp;tbn=isch&amp;sa=X&amp;ved=2ahUKEwjmprTY5LrnAhUsvkKHclYBfMQ_AUoAXoECBIQAw&amp;biw=1280&amp;bih=578&amp;dpr=1.5#imgrc=-MwMnuG0WldOsM</a></p>	<p data-bbox="967 763 1126 976">Dependiendo del tamaño los costos pueden variar Costos encontrados fluctúan desde 50 000 <sup>1/</sup></p>	<p data-bbox="1174 864 1366 909">Transforma 1000 kg/h</p>
 <p data-bbox="443 1451 699 1482"><i>Figura 5. Línea de lavado</i></p> <p data-bbox="225 1482 919 1514">Fuente: <a href="http://www.gpotech.com/sale-10662594-waste-pp-pe-film-screw-press-dryer-plastic-recycle-washing-line.html">http://www.gpotech.com/sale-10662594-waste-pp-pe-film-screw-press-dryer-plastic-recycle-washing-line.html</a></p>	<p data-bbox="999 1312 1094 1335">300 000</p>	<p data-bbox="1150 1211 1390 1424">Se puede utilizar para tratar residuos plásticos como película de PE PP, bolsas de compras, bolsas tejidas de PP, bolsas de embalaje. Lava 1000 kg/h</p>
 <p data-bbox="233 1888 911 1944"><i>Figura 6. Máquina automática de moldeo para inyección de plástico horizontal</i></p> <p data-bbox="233 1944 911 1984">Fuente: <a href="https://www.indiamart.com/proddetail/automatic-horizontal-plastic-injection-molding-machine-9083595191.html">https://www.indiamart.com/proddetail/automatic-horizontal-plastic-injection-molding-machine-9083595191.html</a></p>	<p data-bbox="991 1738 1102 1760">250 000 <sup>2/</sup></p>	<p data-bbox="1254 1738 1286 1760">ND</p>

Tecnología	Inversión (US \$)	Características
 <p data-bbox="416 591 727 618"><i>Figura 7. Extrusora de plástico</i></p> <p data-bbox="233 618 911 656">Fuente: <a href="https://www.indiamart.com/proddetail/automatic-horizontal-plastic-injection-molding-machine-9083595191.html">https://www.indiamart.com/proddetail/automatic-horizontal-plastic-injection-molding-machine-9083595191.html</a></p>	<p data-bbox="967 331 1126 584">Varían de precio dependiendo de las características y cantidades a tratar. Desde 140 000 en adelante</p>	<p data-bbox="1158 421 1382 499">Existen las que procesan desde 1 000 a 5 000 kg/día<sup>3/</sup>.</p>

<sup>1/</sup> Una empresa entrevistada cuenta con una maquinaria valorada en US \$ 1.3 millones, pero se necesitan accesorios para cumplir con especificaciones de calidad, que les permitan el acceso a otros mercados.

<sup>2/</sup> El costo varía de acuerdo al tamaño.

<sup>3/</sup> Considerando una jornada de 8 horas

Fuente: elaboración propia

Los precios mostrados no incluyen los impuestos de importación, ni los costos de transporte. Solo se presentan algunos ejemplos de las tecnologías mencionadas por las personas entrevistadas.

#### 1.3.4. Aspectos financieros y precios internacionales

Las empresas de reciclaje de plástico en la actualidad están siendo muy golpeadas por la economía internacional. Sobre **los costos** se muestra en el **Cuadro 5**, los datos de dos empresas que brindaron información sobre su estructura de costos, se destaca la intensidad de mano de obra necesaria para la clasificación y la limpieza cuidadosa de los materiales los cuales, muchas veces, contienen restos de alimentos, etiquetas y otros contaminantes que deben ser removidos para obtener la calidad necesaria para el procesamiento.

*Cuadro 5. Costos de operación y mantenimiento para la transformación del plástico (en US\$)*

Detalle del costo	Empresa 1 Monto anuales (en US\$)	Empresa 2 Monto anuales (en US\$)
Alquiler del terreno y edificio	36 000	68 400
Pago de salarios al personal	260 000 <sup>1/</sup>	159 292 <sup>3/</sup>
Pago de prestaciones y cargas sociales de todo el personal	120 786 <sup>2/</sup>	72 000
Pago de electricidad	467 257	34 000
Pago de agua	1 487	2 125
Pago teléfono, internet.	1 062	ND
Alquiler de equipo como automóviles, montacargas u otros, pago de combustible, lubricantes, repuestos y depreciación de los vehículos	78 000	75 982
Pago por la disposición final de los residuos que no son utilizados por la condición en que llegan.	2 400	ND
Mantenimiento de la maquinaria, equipos y vehículos, edificios, equipamiento, mobiliario, de	97 345	6 370

Detalle del costo	Empresa 1 Monto anuales (en US\$)	Empresa 2 Monto anuales (en US\$)
edificios e infraestructura, de equipamiento y accesorios.		
Pago de molienda		12 750
Otros gastos administrativos (materiales y suministros de oficina, viáticos y capacitaciones, entre otros).	11 500	6 370
<b>Total</b>	<b>1 075 837</b>	<b>437 289</b>

<sup>1/</sup> Estimado para 28 personas colaboradoras de diferente puesto y habilidades (el salario oscila entre US\$ 620 y US \$ 885 por mes).

<sup>2/</sup> Estimado de un 47%, considerando las cargas y prestaciones sociales en un 45.2% y el resto para el pago de seguro de riesgos del trabajo, seguros, pólizas, patentes, entre otros.

<sup>3/</sup> Estimado para 10 personas colaboradoras de diferente puesto y habilidades (el salario oscila entre US\$ 1 100 y US \$ 2 200 por mes).

**Fuente:** elaboración propia con base en las entrevistas realizadas. Información tomada del informe del producto 2 de la presente consultoría.

En el caso de la empresa 1, el monto asciende a US \$ **1.075.837**. El **43%** del costo corresponde al pago de electricidad (que es el mayor rubro), el **24%** al pago de salarios del personal y el **11%** al pago de las prestaciones, cargas sociales y otros pagos fijos, esto corresponde con una de las principales barreras mencionadas por las personas como barreras o limitaciones para el desarrollo del sector.

Respecto a la empresa 2, el monto es de **US \$ 437 289**, la diferencia se debe principalmente, al tamaño de la empresa. El comportamiento de los rubros también varía, por ejemplo, el **36%** corresponde al pago de salarios (son mayores que los que paga la otra empresa), el **17%** se destina al pago de alquiler de equipos, combustible, un **16%** representa el alquiler del terreno y edificio, también muy superior al de la empresa 1 y otro **16%** es al pago de prestaciones y garantías sociales y el pago de electricidad es el **8%**.

Otro aspecto que también tiene que ver con la competitividad es el costo de la electricidad en el país. Se ha determinado que en el 2019, el costo de electricidad en Costa Rica era el segundo más alto en Centroamérica, siendo Nicaragua el que posee el mayor costo y Guatemala el más bajo. En el **Cuadro 6** se muestran los precios en los distintos países centroamericanos.

*Cuadro 6. Costos de la electricidad por kW/h en Centroamérica (en US\$)*

País	Costo electricidad por kW/h (en US \$)
Nicaragua	0,24
Costa Rica	0,22
Honduras	0,22
Panamá e	0,20
El Salvador	0,19
Belice	0,18
Guatemala	0,16

**Fuente:** <https://www.estrategiaynegocios.net/lasclavesdeldia/1336324-330/qui%C3%A9n-paga-la-energ%C3%ADa-m%C3%A1s-cara-en-centroam%C3%A9rica>

Una publicación del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)<sup>7</sup> sobre las tarifas que rigen del 01 de enero del 2020 hasta el 31 de marzo del 2020, establece para el sector industrial los siguientes precios mensuales:

- Para consumos menores o iguales que 3 000 kWh: por cada kWh ¢ 117.93 (US \$ 0.21).
- Para consumos mayores de 3000 kWh: cargo por energía, por cada kWh ¢ 70.56 (US \$ 0.12) y cargo por potencia, por cada kW¢ 11 664.5 (US \$ 21).

En el caso de la empresa Producol sus proveedores son empresas como Cervecería y Coca-Cola, Demasa, Nueces Industriales, Café Britt, Laboratorios Zepol, entre otros, recuperadores de base que conocen muy bien los tipos de plástico y los estándares de limpieza y anteriormente proveedores pequeños que proporcionaban hasta un 10% de material, pero desaparecieron con la implementación de la factura electrónica.

Todos los proveedores deben suministrar muestras del material ofrecido para determinar el tipo de plástico, el color y el estado en que se encuentran esos residuos. Determinan con eso si el material puede ser de utilidad. Se requiere, además, que esa persona o empresa pueda facturar el material ofrecido. Si se cumplen estos requisitos, se negocia el precio, la forma de entrega y de pago. Se da prioridad a las empresas que intercambian plástico por productos terminados. A través de los años se han desarrollado relaciones de confianza con los proveedores.

Los clientes de los productos producidos por Producol son principalmente empresas privadas, centros educativos, municipalidades, fundaciones, ciudadanos en general, entre otros.

En el **Cuadro 7** se presentan algunos **precios** de compra de una empresa, por los materiales.

*Cuadro 7. Precios promedio de compra de los materiales plásticos HDPE, LDPE y PP (en dólares)*

Color	Costo (US \$/kg)
<b>Sin moler y entregado en planta (de acuerdo al color)</b>	
Color mixto (sin separar), negro o gris	0,10
Color blanco, traslucido o transparente	0,18
Colores diferentes a los mencionados separados	0,14
<b>Molido y entregado en planta (de acuerdo al color y grado de limpieza)</b>	
Color mixto (sin separar), negro o gris entre ¢ 160 y 180 /kg (US \$ 0,28/kg y US \$ 0,32/kg).	0,28
Color blanco, traslucido o transparente	0,41 – 0,44
Colores diferentes a los mencionados separados	0,34 – 0,37

Fuente: elaboración propia.

En un análisis realizado sobre los precios de venta, de algunos plásticos a nivel internacional se, obtuvo información de Scrapo empresa que oferta los siguientes precios en materiales plásticos procesados y en pellets:

- PP verde (US\$0,73/kg verde: US\$ 0,69/kg negro); PP (US\$ 0,88/kg verde y azul, US\$ 1,02/kg negro)
- LDPE (US\$ 1,05/kg negro y gris)

<sup>7</sup> <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/669c79e9-84c9-4682-b63b-136238ebc7e2/Tarifas+actuales.pdf?MOD=AJPERES>



En otra empresa internacional analizada, los precios ofrecidos se encuentran en el **Cuadro 8**. Las variaciones pueden ser debidas a la localización geográfica de las empresas oferentes y a los costos asociados al procesamiento de los residuos.

*Cuadro 8. Precios ofrecidos por un kg del material virgen en diciembre 2019 (valores mayores del mes)*

PET (1) (US\$/kg)	HDPE (2) (US\$/kg)	LDPE (4) (US\$/kg)	PP (5) (US\$/kg)	PS (6) (US\$/kg)	PVC (H) & (W) (3) (US\$/kg)	PC (7) (US\$/kg)
0,44 <sup>a</sup>	0,91 <sup>a</sup>	0,75 <sup>a</sup>	0,91 <sup>a</sup>	0,98 <sup>a</sup>	0,51	2,02 <sup>a</sup>
	0,67 <sup>b</sup>	0,57 <sup>b</sup>	0,63 <sup>b</sup>	0,70 <sup>b</sup>	0,29	1,08 <sup>b</sup>

<sup>a</sup>= Pellets

<sup>b</sup>= Hojuelas (Regrinds/Flakes)

Fuente:

[https://scrapo.com/?gclid=Cj0KCQiAjfwwBRCKARIsAlqSWIMU81DLfOWE8MRt1N5moEYV4sx4OPkLaXcjBOZFNT1pkEEQUZLwvtoaAijsEALw\\_wcB=](https://scrapo.com/?gclid=Cj0KCQiAjfwwBRCKARIsAlqSWIMU81DLfOWE8MRt1N5moEYV4sx4OPkLaXcjBOZFNT1pkEEQUZLwvtoaAijsEALw_wcB=)) Revisado 16 enero, 2020.

Información brindada por el Sr. López de Producol el costo de transformación de una tonelada de plástico para la producción de madera plástica fue de 1 725 colones (**US \$ 3.10**) y 1 875 colones (**US \$ 3.38**) para láminas plásticas.

Por otra parte, como se comentó, el precio de los materiales va a depender del tipo, si llega separado por color, limpio y seco, por lo que precio variará en función de que se cumplan esos requisitos.

En el caso de **Mundorep**, se indica que los precios internacionales afectan la operación de la empresa ya que las resinas plásticas vírgenes son un “commodity” con precios internacionales muy similares a nivel mundial.

Ese es el referente que utiliza la industria para comparar los precios a los que les es atractivo comprar las resinas recicladas de la empresa. En ese entorno, los vaivenes de las resinas afectan los precios de venta y por ende el margen de operación, el cual en momentos como los actuales, donde las resinas vírgenes están en precios mínimos históricos, restringe el margen significativamente, obligando igualmente a bajar los precios a los que se compran los materiales a los proveedores.

El costo de transformación lo tienen determinado a 130 colones/kg (**US \$0.23/kg**). Este costo asociado con los bajos precios internacionales de las resinas plásticas vírgenes, los altos costos de la energía eléctrica, las cargas sociales, las limitaciones de acceso a capital, el costo de los equipos para reciclar, la ausencia de certificaciones internacionales, entre otras afectan la capacidad de innovación de la empresa.

### 1.3.5. Competitividad

Para Producol, la existencia de la competencia desleal ha perjudicado mucho la actividad. Existen otras empresas similares, que producen a partir de materias primas de muy baja calidad y de muy bajo costo, para competir en precio en el mercado. Hay además productos que llegan del exterior con mejor presentación por ser hechos con mejor tecnología, pero a costos muy superiores.

La empresa Mundorep se encuentra entre los proveedores de resinas recicladas más grandes de Centroamérica, con una capacidad instalada que ha venido creciendo año tras año y que en estos momentos permite un crecimiento cercano a un 30% sin tener que invertir en maquinaria adicional. Por otro lado, la necesidad de desarrollar una cadena de abasto que sea sostenible y sólida sobre la cual crecer es uno de los principales retos que tienen los que procesan residuos plásticos en el país actualmente.

#### **1.4. Factores claves en el desarrollo e implementación de la transformación del plástico y barreras**

##### **1.4.1. Factores claves en el desarrollo**

Para la empresa Producol un reto muy importante al inicio fue el económico, ya que tenían limitaciones de acceso a recursos económicos e historial crediticio en las empresas financieras por lo que se debió iniciar con dinero propio. Actualmente se tiene acceso crediticio con varios bancos y para llegar a esta situación han contado con el reconocimiento del trabajo que se realiza por parte de políticos importantes, el sector privado que utiliza los productos y personas satisfechas con la calidad que brindan.

El principal desafío de la Producol es crecer, es decir, ampliar el mercado, tienen mucha competencia y con productos de menor calidad y precio. El Sr. López comenta que *“en algunos casos clientes nuestros han comprado productos más baratos a otras empresas productoras de madera plástica, pero les han informado que son de una calidad menor”*.

Para Producol un cliente satisfecho es su objetivo. En el pasado exportaron a varios países de Centroamérica y el Caribe, pero desde hace unos cinco años a los clientes en esos países les resulta más económico comprar productos similares en Colombia o México ya que la materia prima en esos países cuesta un 25% del costo en Costa Rica.

Una de las lecciones aprendidas del propietario de Producol es que a través de los años pueden mantenerse en el mercado con el desarrollo de productos con un alto estándar de calidad y de servicio al cliente, de esa forma garantiza clientes en todos los ramos. Además, de cada dificultad aprendieron a corregir los errores.

##### **1.4.2. Barreras**

En el caso de Producol, procesa alrededor de 192 Toneladas de materiales plásticos con un 20% a un 30% de desperdicio. Este se da debido a que no todo el material que se recicla termina en producto y por los cortes para los muebles, estos últimos entran nuevamente en el proceso.

Otra barrera mencionada por el propietario de Producol, es que innovación en el procesamiento del plástico está amenazada por los costos del Impuesto al Valor Agregado (IVA), los altos precios de la energía eléctrica y altos costos del transporte de los materiales.

También es difícil acceder a nuevas tecnologías, las cuales son caras, y difícil acceso a créditos blandos en el sistema financiero nacional.

Actualmente enfrentan ambas empresas la situación de que no pueden comprar a proveedores de materiales que se mueven en la economía informal y no poseen factura electrónica, por lo que hay menor cantidad de materiales llegando de estos proveedores llegando al proceso de transformación.

### **1.5. Alianzas público privadas y legislación**

Estas empresas no poseen ningún tipo de alianza oficializada ni con municipalidades ni con el sector privado formal o informal. Sus relaciones se basan más en la colaboración entre partes donde se da una relación de lealtad.

La actividad del reciclaje en Costa Rica se encuentra enmarcada en la Ley para la Gestión Integral de Residuos (Ley No. 8839), publicada en la Gaceta No. 135, la cual tiene como objeto regular la gestión integral de residuos y el uso eficiente de los recursos, mediante la planificación y ejecución de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, ambientales y saludables de monitoreo y evaluación. Es una Ley que promueve la valorización de los residuos, fomentando la separación y clasificación a partir de la fuente.

Se establece además la Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos (ENSRVR) 2016-2021, en Abril 2016 donde se regula la separación a nivel nacional en 5 categorías base, siendo una de ellas la llamada de envases, que incluye a. productos plásticos tales como los recipientes de plástico, se incluyen botellas plásticas, bolsas plásticas (polietileno de baja densidad y polietileno de alta densidad), PVC, poli estireno, polipropileno y plásticos de ingeniería. Así como pichingas, galones y cubetas plásticas que no contengan residuos de sustancias químicas peligrosas. No se incluyen: botellas de productos de limpieza sucias (suavizantes de ropa, jabón, ceras, etc.), botellas o envases de alimentos sucias, botellas de productos cosméticos sucios (cremas, desodorantes, champú) plásticos sucios o mojados, vajillas desechables sucias, bolsas de alimentos como los empaques de confites, empaques de galletas, snacks, y similares. Se establece además la recolección selectiva por parte de las municipalidades al menos una vez a la semana.

Por lo anterior se puede concluir que la actividad del reciclaje del plástico contribuye a los objetivos de la Ley No. 8839 y de la Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos. Tanto Producol como Mundorep están comprometidos con los ideales propuestos.

### **1.6. Conclusiones y recomendaciones**

Existen muchos retos relacionados con el reciclaje de residuos plásticos provenientes de hogares y centros de acopio de residuos valorizables. Pero esta fracción de residuos puede tener un gran potencial de reciclaje en la medida de que éstos se separen y limpien.

Sin embargo, se requiere una mayor conciencia por parte de los y las ciudadanas sobre los tipos de plástico que se está reciclando en Costa Rica para que con sus acciones de separación

y limpieza de esos materiales, los procesos de transformación sean de mayor eficiencia. Uno de los transformadores de residuos plásticos indicó la necesidad de capacitar al personal de los centros de acopio para que los residuos entregados sean de mayor calidad.

Se concluye que existen varias empresas bien posicionadas en la transformación del plástico reciclado y funcionan bien, aunque con grandes retos debido a la situación mundial de este material. Se indica que es posible aumentar el reciclaje de algunos tipos de plástico, pero esto generalmente requerirá un mayor esfuerzo para localizar las fuentes específicas, identificar las barreras para esa fuente específica y encontrar una manera de superarla.

Se mencionó la fragmentación de la cadena de valor a pesar de que existen esfuerzos para una mayor coordinación, pero lamentablemente con resultados que pueden ser mejorados. Existe en Costa Rica la Cámara Costarricense de la Industria del Plástico (ACIPLAST), la cual ha sido concebida como la plataforma que juega ese rol de ente coordinador. Mencionaron algunos de los y las encuestadas que ACIPLAST no está siendo la plataforma de coordinación y cooperación que el sector necesita.

Existe, además, una ausencia de cooperación con instituciones académicas que colaboren en el diseño de productos plásticos reciclados, esto daría como resultado un aumento de los porcentajes de recuperación.

Faltan estímulos para aumentar el mercado de materiales plásticos reciclados. Algunos incentivos podrían ser:

- Utilizar la contratación pública como mecanismo para aumentar el mercado de productos hechos de plástico reciclado. Esto podría lograrse incluyendo dentro de los carteles de licitación, las demandas de un cierto porcentaje de contenido de plástico reciclado en los materiales plásticos que se van a comprar.
- Certificación de productos con materiales plásticos reciclados, lo cual proporcionaría un nivel de certeza sobre su calidad. El objetivo es asegurar a los productores de nuevos productos, con plástico reciclado, confianza en sus procesos de producción.
- Fortalecimiento de las estructuras de coordinación existentes para unir esfuerzos entre los miembros de la cadena de valor. Esto permitiría a los clasificadores de materiales (recolectores y clasificadores en centros de acopio) y a los usuarios de los materiales (transformadores) ser más explícitos sobre las necesidades mutuas y buscar soluciones conjuntas, que solo pueden implementarse si los actores a lo largo de la cadena de valor trabajan en unidos.
- Fondos disponibles, específicamente para el desarrollo de tecnologías para una mejor explotación del flujo de residuos plásticos. Esto podría ser parte de un fondo de innovación existente o un fondo específico establecido para tal fin. Existen importantes barreras tecnológicas para aumentar el reciclaje de plásticos, y a menudo hay círculo vicioso (un problema de “pollo / huevo”) relacionado con el mercado y la tecnología.

## 2. El caso del cartón

### 2.1. Introducción

El cartón es un material muy versátil y por lo tanto es materia prima fundamental para la producción de envases plegables. Solo en Europa, anualmente se fabrican alrededor de 7 millones de toneladas cada año y a pesar de que existen muchos tipos de cartón, la mayoría del cartón consumido se puede catalogar en uno de los cuatro tipos básicos existentes. Además, todos los cartones se producen a partir de recursos renovables y son reciclables. La **Figura 8** muestra el ciclo de vida del cartón (Pro Carton, 2014).

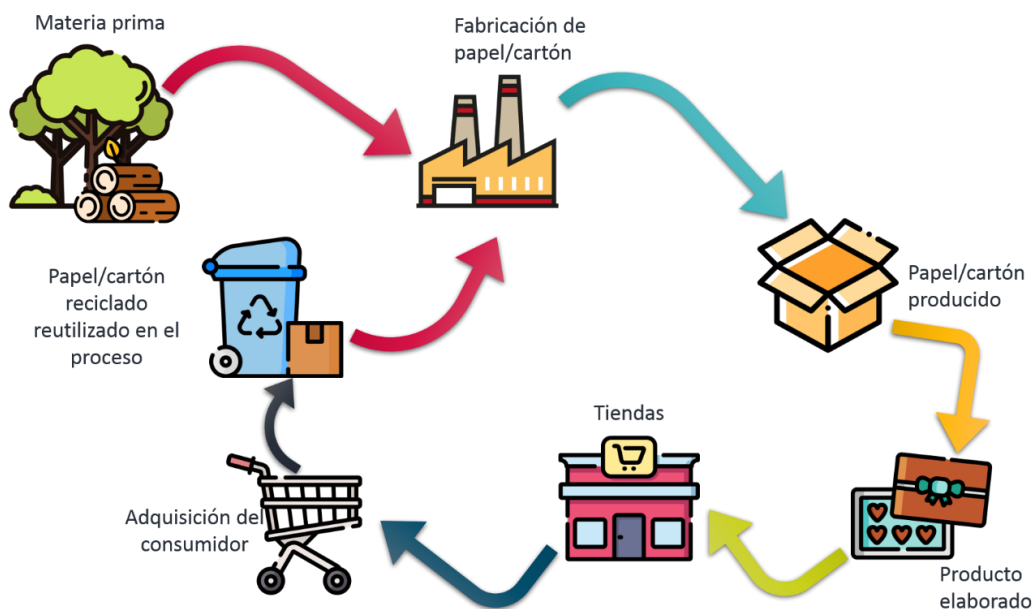


Figura 8. Ciclo de vida del cartón

Fuente: Información Pro Cartón, íconos de flaticon.com, montaje elaboración propia

Para la fabricación de todos los tipos de cartón se utiliza una construcción multicapa, y las diferencias entre los cuatro tipos básicos se dan por el material que se usa para realizar cada capa. Algunos utilizan sólo pasta virgen, otros usan fibras recuperadas y otros combinan ambos tipos de pasta. Los cuatro tipos básicos de cartón son los siguientes (Pro Carton, 2014):

- **Cartón sólido blanqueado:** Consta de dos o tres capas de estuco en la cara superior y una o dos en el reverso. Es utilizado en productos cosméticos, farmacéuticos, artes gráficas, tabaco y empaquetado de lujo. También puede combinarse con otros materiales para obtener envases de cartón para líquidos.
- **Cartón sólido no blanqueado:** Consta de dos o tres capas de estuco en la cara superior y en ocasiones, además se le aplica una capa de estuco al reverso. Es utilizado principalmente en envases agrupadores de bebidas (botellas y latas) por su alta resistencia y permite ser tratado para ser resistente al agua, aspecto esencial durante

el proceso de envasado. También se utiliza en muchos otros sectores donde la resistencia del envase es importante.

- **Cartón folding:** Su fabricación regularmente es a base de varias capas de pasta mecánica situadas entre dos capas de pasta química estucadas y con dos o tres capas de estuco en la cara superior y una en el reverso. Se utiliza en productos como bebidas, farmacéuticos, congelados, refrigerados, dulces y muchos otros mercados.
- **Cartón de fibras recicladas:** Su fabricación se da utilizando básicamente fibras recuperadas. Contiene muchas capas, donde en cada una de ellas se utilizan distintos tipos de materia prima, aunque en la cara se utiliza papel recuperado blanco (Blanco I, Blanco II o Blanco III). Normalmente tiene tres capas de estuco en la cara superior y una en el reverso, que puede ser color blanco o gris. Tiene muchas aplicaciones en el mercado como por ejemplo como empaque de alimentos refrigerados y congelados, cereales, zapatos, juguetes, etc.

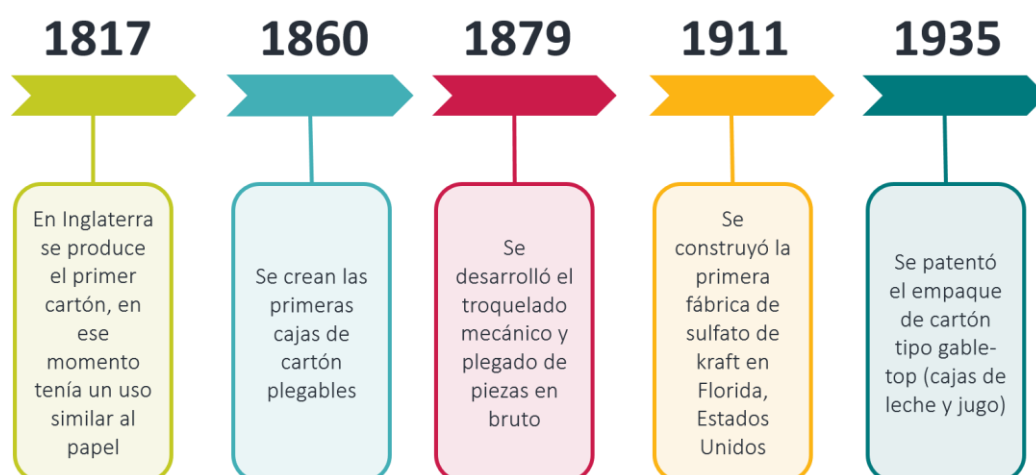
Además de estos cuatro tipos existen muchas variaciones de acuerdo con el uso específico para el cual se requiera. Por ejemplo, con aditivos especiales se puede hacer resistente al agua y a la humedad muy necesaria en el sector de alimentos congelados. También se puede añadir una capa de plástico para crear una barrera contra el agua y la grasa; lo cual es utilizado en el sector de comida para animales. O se le agrega un laminado de papel aluminio o poliéster metalizado para darle un acabado metálico entre muchos otros tipos especiales (Pro Carton, 2014).

Dentro de las propiedades del cartón se puede hablar del gramaje, que se refiere al peso del cartón expresado en gramos por metro cuadrado ( $\text{g/m}^2$ ), cuando el gramaje del papel supera los  $160 \text{ g/m}^2$  recibe el nombre de cartón. Esta medida es el nivel mínimo para que un material fibroso sea suficientemente rígido y fuerte para ser utilizado como envase que generalmente tienen un gramaje que va de los 160 y los  $600 \text{ g/m}^2$ . Con respecto al grosor que se entiende como la distancia que existe entre las dos superficies de la lámina de cartón, su unidad son milésimas de milímetro ( $\mu\text{m}$ ); debe estar entre las 350 y  $800 \mu\text{m}$  para que los materiales se utilicen como envases. Y finalmente otra característica fundamental es la rigidez, el cartón es el único material que ofrece una gran rigidez por unidad de peso; fundamental para cumplir su función primaria de proteger el contenido de un envase (Pro Carton, 2014).

La fabricación del cartón se da partiendo de diferentes tipos de pasta o una combinación de estas, en los cartones más comunes se emplean los siguientes tipos (Pro Carton, 2014):

- **Pasta química:** la extracción de las fibras se da de la madera añadiendo productos químicos en las astillas que van a disolver la lignina (que es lo que mantienen unidas las fibras unas con otras).
- **Pasta mecánica:** la extracción de las fibras de la madera se da mediante un proceso mecánico, basado en discos metálicos o cilindros de roca especial que desfibran y mueven las astillas para conseguir fibras individuales.
- **Pasta de fibras recicladas:** se obtiene mediante el reciclaje de material con base en recortes variados previamente seleccionados. Las fuentes para este tipo de pasta son producto rechazado generado por las propias fábricas de papel y cartón y la recolección selectiva por diferentes canales de productos fabricados con papel y cartón que son descartados por los consumidores.

En la **Figura 9** se muestra un resumen de la línea del tiempo con los primeros pasos del cartón, desde su nacimiento hace más de 200 años cuando Inglaterra produce el primer cartón hasta 1935 cuando se patentiza un tipo de empaque.



*Figura 9. Línea del tiempo del cartón*

Fuente: Elaboración propia a partir de información de (Conoce la historia, s.f.)

En el país, la **oferta total** diaria de papel y cartón es de aproximadamente **499 toneladas**, y **373 ton/día** se disponen, quedando sin recolectar **126 ton/día**, según información que se presentó en el producto 2 de esta consultoría.

En la **Figura 10**, se presenta la información de generación, por provincia, siendo San José la provincia que genera más papel y cartón, mientras que Guanacaste y Puntarenas son las que generan en menor cantidad. Sin embargo, en términos de la recolección del papel y cartón, Puntarenas y Limón son las provincias con mayores porcentajes de este material que no son recolectados o que se pierde de su generación, con un 43% y 40% respectivamente.

San José tiene el menor porcentaje de no recolección con un 12%, mientras que Alajuela es la provincia que aporta una mayor cantidad de papel y cartón no recolectado. Como se detalló en el producto 2, los valores corresponden al cálculo de las cantidades generadas y dispuestas en vertederos o rellenos sanitarios de residuos de papel y cartón por provincia y las diferencias entre estos valores corresponden a las cantidades no recolectadas por el servicio municipal.

En la siguiente ilustración se muestra la distribución del papel y cartón generados en el país en cada una de las provincias con datos del NAMA Residuos (2018). En cada provincia se distribuye el total generado de papel y cartón (Ton/día) entre la cantidad dispuesta en los vertederos y rellenos sanitarios (D) y la cantidad no recolectada (Nr).

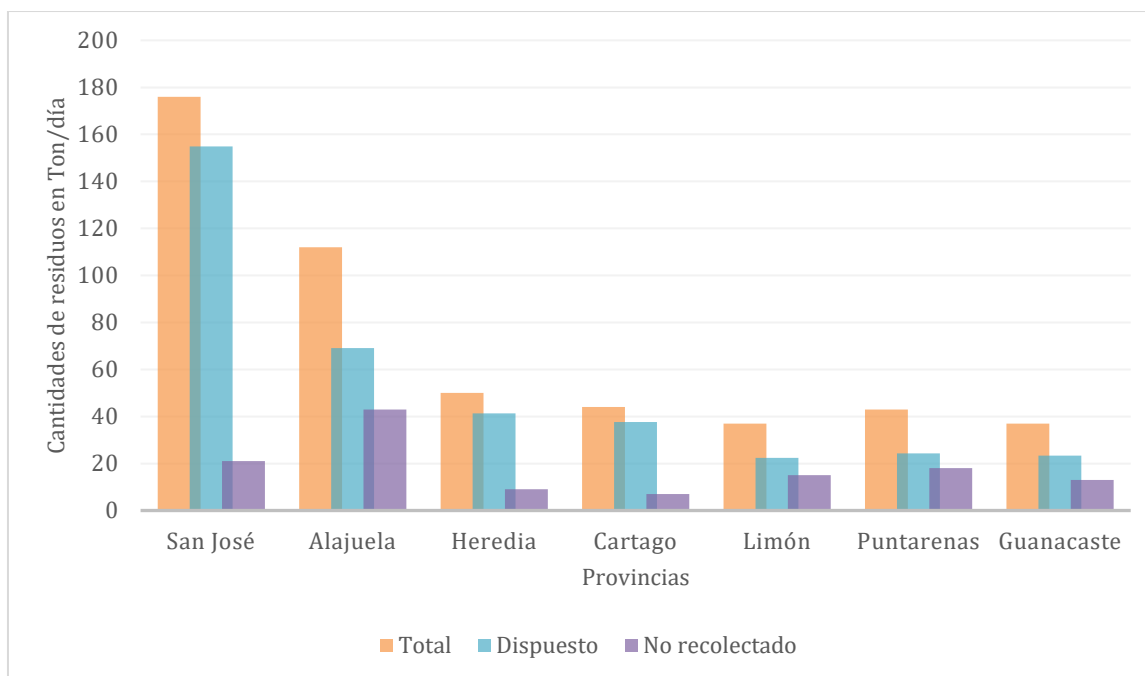


Figura 10. Cantidades generadas de cartón y papel por provincia (ton/día)

Nota: D: residuos de papel y cartón dispuestos en vertederos o rellenos sanitarios. Nr: residuos de papel y cartón no recolectados.

Fuente: Elaboración propia con datos de la NAMA Residuos (2018)

## 2.2. Descripción/potencial de transformación de la demanda

De acuerdo con el último estudio “The future of corrugated packaging to 2023” de Smithers Pira, se prevé que se genere un crecimiento en el mercado de empaques corrugados en alrededor de US \$380 millones para el 2023. Se espera que la demanda aumente de 3,5% a 4% anual a un mediano plazo, logrando aproximadamente 181 millones de toneladas para el mismo periodo (PROCOMER, 2018).

También el estudio subraya que para el 2017 el consumo real de envases de cartón corrugado que se dio por parte del consumidor final ascendió a 145 millones de toneladas. El comercio electrónico está favoreciendo el uso de cartón corrugado como medio principal de embalaje por lo que se estima que se utilice este material con un valor superior a los \$20 millones en el sector (PROCOMER, 2018).

Para Costa Rica, las implicaciones son visibles, debido a que a nivel mundial las empresas buscan opciones de embalaje que se ajusten a las necesidades en la distribución, con el fin de que el transporte se facilite y además evitar que los productos se dañen. Este uso va de la mano con la capacidad que tengan las empresas de innovar para potenciar el uso, como por ejemplo personalizar empaques, impresiones digitales, etc. Por lo tanto, los exportadores nacionales deben tener en cuenta el uso de materiales sostenibles y creativos que mejoren la experiencia del consumidor para aumentar su competitividad en los mercados internacionales.

En relación con la demanda nacional de los residuos de papel y cartón para su transformación, se ubicó únicamente a una empresa (Empaques Santa Ana –**recuadro 2**),



aunque existen otras cartoneras o corrugadoras, pero según información recopilada no trabajan con papel o cartón reciclado, aunque si son una competencia para Empaques Santa Ana, según se detalla en el siguiente apartado.

### Recuadro 2

Empaques Santa Ana, es una empresa que fabrica cajas de cartón, se constituyó en 1988. Apenas cuatro años después, se adquiere un molino para el reciclaje de papel, debido a la necesidad de contar con materia prima. El molino que está operando es el más grande y único en Centroamérica. El montaje del molino no fue fácil, pero al reciclar papel se tiene materia prima para la construcción de las cajas de cartón. Genera empleo a 450 personas.

La empresa también posee sedes en Ecuador, Guatemala y Nicaragua.

La inversión requerida para la instalación del molino, no es únicamente su costo, sino también la infraestructura necesaria para su ubicación, así como más espacio.

La adquisición del molino fue una excelente decisión y muy visionaria, dado que así como ha habido épocas de auge, también se presentan periodos de escasez de papel virgen.

El Sr. Araya, comenta que el principal legado de la crisis que se presentó en el 2018, es que muchas empresas aceptaran el uso del papel reciclado. La crisis se presentó cuando hubo exceso de cartón para reciclar, principalmente porque China (principal consumidor de cartón) dejó de comprarlo.

Existen en el país intermediarios que exportaban el cartón directamente a empresas establecidas en China.

Empaques Santa Ana, a pesar de la crisis, asignó cuotas de compra a sus proveedores, para no afectarlos, incluso les han ido abriendo cuotas, lo que implica que sus proveedores puedan comprar más residuos de cartón.

Fabrica papel a partir de fibra (cartón post-consumo), papel para cajas de cartón y esquineros de cartón para productos agrícolas que son colocados en el mercado de centroamericano.

La empresa reporta que transforma **263 ton/día**, este dato no calza con las estimaciones de la oferta del material en el país, principalmente porque:

- La empresa compra material directamente a empresas o personas particulares, por lo tanto, no se registran o son manejadas por el sistema municipal.
- La empresa importa material del resto de Centro América.

Los proveedores llevan los residuos de cartón a la planta ubicada en el Coyol de Alajuela, el vehículo se pesa en una romana, se tienen equipos para medir la humedad, luego se descarga el material, para ello se utiliza un montacargas. Se paga una vez por semana.

## 2.3. Impactos, co-beneficios encontrados, tecnologías, aspectos financieros y precios internacionales, competitividad

### 2.3.1. Impactos

Un impacto ambiental, fundamental en la transformación del cartón, es que reduce los gases de efecto invernadero: primero al disminuir la tala de árboles que permiten la absorción de dióxido de carbono. Por ejemplo, los 17 árboles que no se cortan por la tonelada de cartón

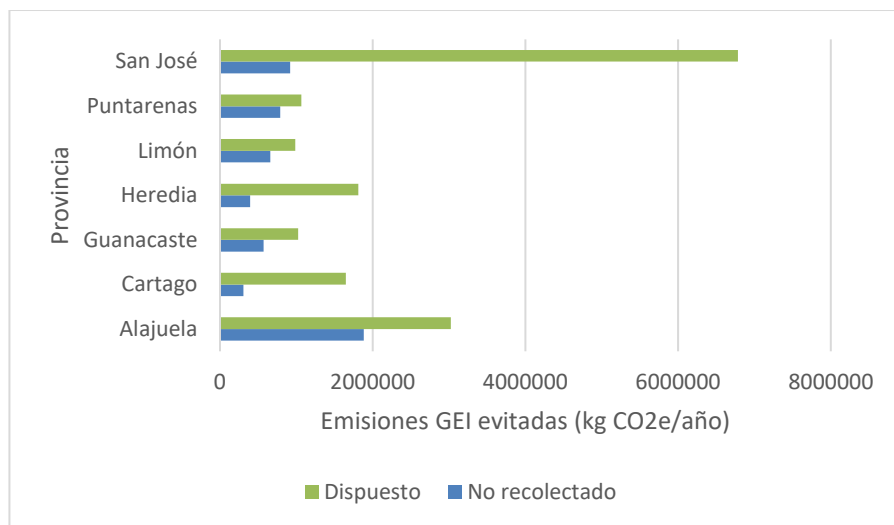
reciclado absorben aproximadamente 113 kg de dióxido de carbono del aire cada año, además de la reducción de emisiones por el uso de combustible fósil en países donde la matriz eléctrica es a base de este combustible.

En otras palabras, al emplearse el papel y cartón como parte de los procesos de reciclaje se logran beneficios ambientales porque se evita la extracción de materiales vírgenes que son sustituidos por el material que se recupera y luego se incorpora a los procesos productivos. Desde este punto de vista es posible estimar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que se evitan al realizarse el reciclaje en lugar de incorporar solo materiales vírgenes, al hacerse el análisis del ciclo de vida de los procesos de reciclaje de los materiales.

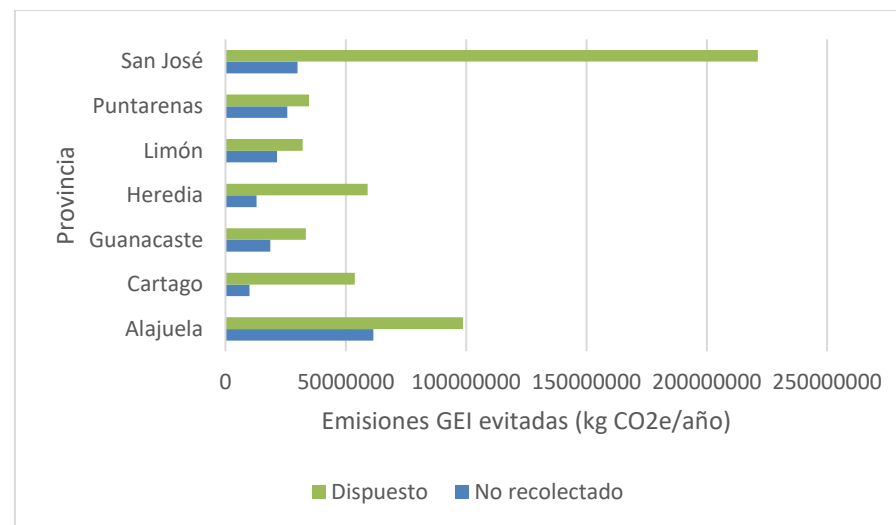
A partir del ejercicio demostrativo que se detalló en el informe del producto 3 de esta consultoría, se presenta en la **Figura 5** las emisiones de gases de efecto invernadero evitadas por el reciclaje de papel y cartón, por provincia expresadas como kilogramos de CO<sub>2</sub> equivalente para un periodo de un año.

Los factores de emisión empleados relacionan la cantidad de residuos con la cantidad de emisiones de GEI evitadas, es por esto que la provincia con mayor potencial para reducir emisiones por residuos que son dispuestos en los rellenos sanitarios es San José, por otro lado, Alajuela es la provincia con potencial más alto para evitar emisiones de GEI si se consideran los residuos de papel y cartón que no son recolectados. Nuevamente se reitera que estos escenarios son demostrativos y deben ser considerados como referencias muy generales del beneficio en emisiones de GEI evitadas por el reciclaje, porque cada factor de emisión que fue utilizado depende de las realidades del sistema de reciclaje donde fueron calculados, en este caso para Reino Unido y los Estados Unidos de Norte América.

Específicamente en el caso de Empaques Santa Ana S.A., de acuerdo con la información brindada, estarían evitando **11 520 ton de CO<sub>2e</sub>/año** si se considera el factor de emisión de Turner et al. (2015) y **375 744, 212 ton de CO<sub>2e</sub>/año** al emplear el factor de emisión de WARM 15 (EPA, 2019).



a) Emisiones de GEI evitadas por el reciclaje de papel y cartón con el factor de emisión (FE de papel y cartón mezclados) adaptado de **Turner et al.**



b) Emisiones de GEI evitadas por el reciclaje de papel y cartón con el factor de emisión (FE de papel mezclado) adaptado de *Documentation for Greenhouse Gas Emission and Energy Factors Used in the Waste Reduction Model (WARM)* (EPA, 2019).

Figura 11. Comparación de las emisiones de GEI evitadas por el reciclaje de papel y cartón en Costa Rica con los dos factores de emisión elaborados por a) Turner et al. (2015) y b) WARM 15.

Nota: Dispuesto: residuos de papel y cartón dispuestos en vertederos o rellenos sanitarios. No recolectado: residuos de papel y cartón no recolectados.

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.2. Co-beneficios

A continuación, se presenta un resumen de los co-beneficios del reciclaje de cartón, desde lo ambiental, social y económico (Green Earth LLC, 2017) (Planned Packaging, 2018).

<b>Ambiental</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Disminución en la tala de árboles: por la composición del cartón es fácil de reciclar y puede reutilizarse como nuevos productos de papel de cinco a siete veces antes de que las fibras se vuelvan demasiado cortas para usar. Una tonelada de cartón reciclado evita que se corten 17 árboles.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Ahorro de agua: para la fabricación de cartón y papel nuevo es necesario utilizar grandes cantidades de agua para hacer la pulpa, ya que es necesario descomponer la estructura a granel de la fuente de fibra de la madera (corteza, astillas, tallos, etc.). Reciclar cartón ahorra aproximadamente 7 000 galones de agua durante el proceso de pulpa.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Ahorro de energía: la fabricación de cartón a partir de árboles vírgenes requiere más energía que la fabricación de cartón a partir de productos reciclados. Reciclar cartón podría reducir el consumo de energía en un 64% o casi 5 000 kWh por tonelada.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Ahorro de espacio en los rellenos sanitarios: si bien es cierto que el cartón es biodegradable, en comparación con los residuos orgánicos (hojas, restos de comida, etc.) toma mucho más tiempo en descomponerse, por lo tanto, ocupa un gran volumen que debería aprovecharse en los residuos que no son valorizables, además, que al iniciar el proceso de descomposición va a liberar metano. Los residuos de cartón tienen mucho potencial para que terminen en un relleno sanitario, reciclar una tonelada de cartón ahorra aproximadamente 2,30 m<sup>3</sup> de espacio en un relleno sanitario.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Reduce los gases de efecto invernadero: primero al disminuir la tala de árboles que permiten la absorción de dióxido de carbono, por ejemplo, utilizando el dato mencionado anteriormente, los 17 árboles que no se cortan por la tonelada de cartón reciclado absorben aproximadamente 113 kg de dióxido de carbono del aire cada año, además de la reducción de emisiones por el uso de combustible fósil en países donde la matriz eléctrica es a base de este combustible.</li></ul>
<b>Social</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Generación de empleos: la industria del reciclaje es una fuente potencial de empleo, tanto de mano de obra calificada como no calificada, así como para la clasificación de materiales, la conducción de camiones e ingeniería.</li></ul>
<b>Económico</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Disminución en los costos de producción: para todas aquellas empresas o industrias que dentro de su actividad requieran utilizar cartón para el embalaje y envío de sus productos, el uso de materiales reciclados cuesta menos que las materias primas; por lo tanto, la inversión en esta etapa del proceso puede disminuir considerablemente.</li></ul>

### Económico

- Reducción de costos en disposición: al recuperar el cartón para reciclaje se disminuyen costos tanto para las municipalidades como para las empresas en la disposición final, además de que permite darle más vida útil al relleno sanitario ya que el cartón ocupa un gran volumen.

#### 2.3.3. Sobre la nueva tecnología y su inversión

A pesar de que la empresa de transformación de cartón mencionó que no requiere nueva tecnología, ya que la inversión realizada con la maquinaria actual y por las condiciones del mercado, en la **Figura 12**, se muestra una máquina que tiene un precio de US \$ 2 800 000. No fue posible obtener la información sobre la capacidad de dicha tecnología.



*Figura 12. Maquinaria para fabricación de cartón*

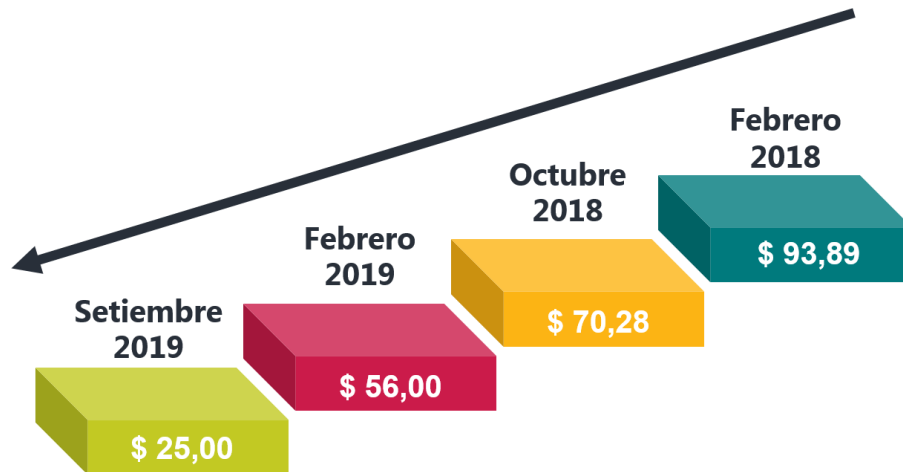
Fuente: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/recycle-old-carton-to-make-corrugated-carton-cardboard-paper-making-machine-in-hot-selling-62285018457.html?spm=a2700.8699010.normalList.31.509675fcXD7TgW>

#### 2.3.4. Aspectos financieros y precios internacionales

Aunque la transformación del cartón tiene muchos beneficios ambientales, además de sociales y económicos. En los últimos años ha disminuido esta actividad, debido a que la situación se ha tornado complicada a causa de la caída en los precios internacionales. En el 2017 cuando China dejó de importar la mayoría del plástico, papel y cartón para reciclaje, se dio una crisis para los que dependían de esas ventas y hacían que el reciclaje fuera sostenible económicamente.

En Estados Unidos el precio medio de cartón corrugado usado cayó un 85% en dos años pasando a \$ 28 por tonelada en agosto del 2019 (Roston, 2019).

El comportamiento que ha tenido el precio del cartón corrugado usado desde febrero del 2018 hasta setiembre del 2019 en Estados Unidos se muestra gráficamente en la **Figura 13**, en 19 meses el precio bajó en \$ 69.



*Figura 13. Variación de precios por tonelada corta en dólares estadounidenses del cartón corrugado usado en mercados abiertos.*

*Fuente: Elaboración propia a partir de información de (Smalley, 2019)*

En nuestro país, de acuerdo con la información recopilada con las encuestas aplicadas se tiene que los **precios** de compra desde ¢15 - ¢20 por kg (US \$ 0.03- US \$ 0.04 por kg).

En la empresa Empaques Santa Ana, el precio de compra varía en función de la calidad, considerando tres aspectos:

- Humedad
- Fibra corta (revista, periódicos)
- Que llegue amarrado.

Según datos de enero del 2019, el precio osciló entre US \$ 80 a US \$ 200 Ton, en enero del 2020, se estimó en **US \$ 50 Ton**, según el Sr. Araya, es decir, US \$ 0.05 por kg).

La empresa estableció la política de mantener a sus proveedores los precios estables, a pesar de las fluctuaciones del precio en el mercado internacional.

No fue posible obtener datos de los costos de operación y funcionamiento del reciclaje del cartón, por ser información sensible, según externó el Sr. Araya. Por lo tanto, se tiene algunos datos de la industria papelera europea, como se muestra a continuación.

Según información de la Comisión Europea (2015) sobre la pulpa, papel y cartón, esta industria se caracteriza por ser intensiva en energía. En promedio el 21% de los costos

de producción son del consumo de combustible y electricidad. Esta industria también es intensiva en capital, por lo que los planes de inversión son a largo plazo.

Los principales productores de pulpa son: Estados Unidos, Canadá, Suecia, Japón y Finlandia, así como Brasil y Chile.

Según la fuente citada, de 1991 a 2008, la producción de pulpa aumentó de 34.0 a 41.9 millones de toneladas, mientras que al mismo tiempo el número de plantas de pulpa disminuyó de 295 a 193.

La competitividad de la industria papelera europea, se ha visto afectado por los incrementos en los costos de producción y materias primas, así como la existencia de empresas similares en algunos lugares de Asia y América Latina.

Se tienen datos de la estructura de costos de fabricación para la industria europea de pulpa y papel para el año 2009, como se observa en el **Cuadro 9**. No incluye costos de capital (inversión) ni costos de transporte.

*Cuadro 9. Costos de operación y mantenimiento para la transformación del cartón (en %)*

<b>Rubros</b>	<b>Porcentaje</b>
Madera	17
Mantenimiento	8
Mano de obra	12
Electricidad	10
Combustibles	11
Productos químicos	17
Pulpa	19
Papel recuperado	6
<b>Total</b>	<b>100</b>

Fuente: Adaptado de Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board. (2015). Industrial Emissions Directive 2010/75/EU

Además, lamentablemente la falta de aplicación de buenas prácticas en el manejo de los residuos por parte de los usuarios incrementa los costos de transformación; por ejemplo, solo una caja de pizza que se coloque sobre una pila de cartón para reciclar puede arruinar todo el material, ya que los aceites no pueden separarse de la fibra de papel (Roston, 2019).

### **2.3.5. Competitividad**

El Sr. Araya comenta que existe competencia debido a que hay otras seis corrugadoras en el país, pero Empaques Santa Ana, es la única empresa que posee un molino para la transformación del cartón en Centroamérica.

Se destaca que en la investigación se localizaron 7 empresas relacionadas con la actividad de transformación de cartón, no se logró ubicar a 3, 1 es una corrugadora, pero de

material post industrial, 2 no eran transformadoras (sino importadoras) y 1 no trabaja con residuos valorizables.

El Sr. Araya comenta sobre este aspecto, que los problemas de competitividad de Empaques Santa Ana, se deben a las “condiciones país”:

- Los empresarios consideran que se sienten abandonados por el Gobierno.
- No se puede competir en la Región Centroamericana debido a las tarifas de electricidad.
- El costo de la mano de obra
- No existen jornadas de trabajo flexible.

Las limitaciones que se presentan están a nivel del Gobierno.

#### 2.4. Factores claves en el desarrollo e implementación de la transformación del cartón y barreras

Entre los **factores clave** que le han permitido continuar en el mercado se tiene lo siguiente:

- La empresa colabora con sus proveedores y en casos les proveen embaladoras, les ayudan con el mantenimiento de los equipos y cuando alguno falla la empresa apoya con el costo de materiales.
- Se han tenido que tomar decisiones con respecto a la cantidad de material que pueden recibir de los proveedores, debido a la baja en el consumo de los productos que la empresa produce. Aumentaron hasta en un 15% lo que tradicionalmente les compraban.
- Toman muy en cuenta la lealtad y compromiso de parte de sus proveedores para continuar con la relación comercial.
- El cambio al sistema de facturación electrónica ha golpeado la empresa porque muchos sus proveedores de fibra y leña son personas que no poseen facturación electrónica. Es por esto que la empresa optó por colaborar en la inscripción de los proveedores como gestores, además de impartir charlas, colaboración en la gestión con abogados, entre otros.
- No poseen quejas ante el Ministerio de Salud, Municipalidades ni Ministerio de Hacienda.
- Poseen tecnología moderna, poseen suficiente infraestructura y equipo.

La empresa Empaques Santa Ana destaca las siguientes **barreras** para su funcionamiento a lo largo de su trayectoria.

- El sector agrícola representa un 60% a 70% de sus clientes, sin embargo, a causa del Cambio Climático, las pocas opciones de financiamiento, la baja productividad,



entre otros, este sector se ve muy afectado y por lo tanto, la demanda del cartón también.

- La disminución en la compra de esquineros de cartón debido a la sustitución de estos por esquineros plásticos producidos por otra empresa existente en el país.
- La caída en los precios internacionales del cartón debido al excedente de papel.
- Aunque es la única empresa que posee molino en Centro América, en Costa Rica tienen competencia puesto que hay otras 6 cartoneras.
- Por su ubicación geográfica, tienen fuga de trabajadores, debido a la cercanía con empresas de dispositivos médicos.
- El tamaño de las bobinas, o sea la capacidad de producción. En Costa Rica se producen de 2.5 metros mientras que en otros países son más grandes, hasta 12 metros de ancho.
- Requieren incrementar la demanda de materiales por parte de los compradores.

## **2.5. Alianzas público privadas y legislación**

En el caso de la empresa Empaques Santa Ana, comenta que no tiene alianzas público privadas, no obstante, tiene una política de colaboración con sus proveedores de cartón.

En el caso de la legislación, para este caso al igual que para el resto de los residuos valorizables, existe la Ley 8839 y toda la normativa relacionada.

## **2.6. Conclusiones y recomendaciones**

La industria del cartón ha sido fuertemente impactada por la baja en los precios internacionales y por la sustitución de algunos de sus productos por materiales plásticos. Se requiere buscar la forma de reactivar el mercado e innovar en los productos para que se vuelvan más atractivos tanto a nivel nacional como internacional, ya que, el cartón es el material por excelencia utilizado para el empaque de una gran cantidad de productos, especialmente en el sector de la tecnología. Sin embargo, es un mercado muy exigente que requiere de condiciones específicas que garanticen la protección de los productos.

Lamentablemente, no se obtuvo información sobre algunas variables fundamentales para establecer el análisis costo beneficio del material, los datos son muy sensibles para proporcionarlos, comentó el Sr. Araya. Se adjunta algunos datos de otros países.

Empaques Santa Ana, tiene una política de apoyo a sus proveedores y a pesar de la crisis en el precio internacional del cartón, ha establecido mecanismos para continuar con la compra de este residuo valorizable, manteniendo además, precios estables.

También se evidencia que es necesario el apoyo al sector residuos mediante políticas que les permita expandir sus operaciones.

### 3. El caso de los residuos orgánicos

#### 3.1. Introducción

El informe What a Waste 2.0 del Banco Mundial (2018) reporta que los residuos orgánicos, incluido el desperdicio alimentario, representa el **44%** de la generación mundial de residuos sólidos.

En Costa Rica, se estimó que la cifra corresponde al **51.7%** (NAMA Residuos, 2018; para mayor detalle consultar el informe del producto 1 de la presente consultoría).

En los residuos orgánicos se incluyen los restos de comida<sup>8</sup> y la parte no comestible de un alimento (fracción orgánica), los restos de jardín (hojas, hierba correspondiente a la fracción vegetal) y restos de madera (poda, del tipo leñoso)<sup>9</sup>.

Una clasificación de los residuos orgánicos ordinarios puede ser por su origen: hogares, comercios (principalmente tiendas, restaurantes, supermercados), instituciones en general, mercados y barrido de calles, como se muestra en la **Figura 14**. Se aclara que los residuos orgánicos de origen agrícola se excluyen en este estudio.



Figura 14. Resumen de la fuente de origen de los residuos orgánicos ordinarios, íconos de flaticon.com

Fuente: elaboración propia

<sup>8</sup> También se les conoce como bioresiduos domésticos, se originan en la preparación de alimentos: restos sobrantes de comida y alimentos en mal estado. Se clasifican además en crudos y cocinados.

<sup>9</sup> Los restos de jardín y la poda, son residuos de gran volumen y con un peso relativamente bajo, incluyen las ramas, las partes leñosas y follajes, con una cantidad considerable de hojas.



dispusieron **1 5239 ton/día** y no se recolectaron **518 ton/día**, como se muestra en el **Cuadro 10**. En promedio se generaron 294 ton/día, se recolectaron y dispusieron en vertederos o rellenos sanitarios 220 ton/día y no se recolectaron 74 ton/día.

*Cuadro 10. Cantidades de residuos orgánicos generadas, no recolectadas y dispuestas en vertederos o rellenos sanitarios por provincia y por día (Ton)*

Provincias	Biodegradable		
	Dispuestas (Ton/día)	Generadas (Ton/día)	No recolectadas
San José	639,18	725,67	86,49
Cartago	155,20	182,20	27,00
Heredia	170,75	206,67	35,92
Guanacaste	96,33	151,24	54,91
Puntarenas	100,21	176,26	76,05
Limón	92,67	153,98	61,31
Alajuela	284,96	461,20	176,24
<b>Total</b>	<b>1 539,31</b>	<b>2 057,22</b>	<b>517,92</b>

Fuente: elaboración propia

Del cuadro anterior se desprende que recolectó y enterró el **75%** de los residuos orgánicos generados, esto se convierten en la oferta potencial y de la cual no se está aprovechando en la actualidad, mientras que el restante **25%**, se enterró, se tiró en ríos, en lotes baldíos o se dio como alimento para animales.

### 3.2. Descripción/potencial de transformación de la demanda

Con respecto a la transformación de los residuos orgánicos, datos de la NAMA Residuos del 2018, estimaron un procesamiento municipal de **4 450 ton/año**.

Con el desarrollo de la presente consultoría se determinó que en el país existen algunas empresas que utilizan los residuos orgánicos para la elaboración de compost o también el producto conocido como mejorador de suelos.

En la lista de gestores autorizados del Ministerio de Salud, se encuentran siete empresas que ofrecen sus servicios para este tipo de producto, de las cuales solo tres ofrecen los servicios de transformación, fue posible contactar a dos.

En el **Cuadro 11** se muestra los datos recopilados, por lo tanto, si se suman los aportes de las municipalidades y la empresa privada, se tiene un monto total de **5 287 ton/año** de residuos orgánicos procesados.

Cuadro 11. Cantidades de residuos orgánicos transformados (Ton/año)

Nombre empresa / municipalidad	Materiales que demandan	Cantidad aproximada de material consumido (Ton/año)
Biofutura	Residuos orgánicos de empresas grandes, residuos de jardinería	840
Abonos Vivos	Principalmente residuos agrícolas, también pueden tratar municipales	ND
Municipalidad de Tilarán	Residuos orgánicos municipales	7
Municipalidad de Pérez Zeledón	Residuos orgánicos municipales	3 288
Municipalidad de Alvarado	Residuos orgánicos municipales	600
Municipalidad de Jiménez	Residuos orgánicos municipales	516
Municipalidad de San Rafael	Residuos orgánicos municipales	36
<b>Total</b>		<b>5 287</b>

Fuente: elaboración propia

Lo anterior implica que se tratan **14 ton/día**, es decir, se quedan sin tratar **2 043 ton/día** según la generación o **1 525 ton/día** según el dato de recolección. Además, se observa que las municipalidades tratan el **86%** de los residuos orgánicos y las empresas privadas el **14%**.

Bajo el supuesto, de que se mantienen los datos obtenidos de las cantidades recolectadas y dispuestas, se podría concluir que las municipalidades pueden transformar **1 311.5 ton/día** y las empresas **213.5 ton/día**.

También se puede suponer que las empresas transformen **2 ton/día**, entonces habría oportunidades para **107 empresas** más ofreciendo el servicio como el que brinda la empresa Biofutura.

Se destaca que en una entrevista realizada<sup>12</sup> al propietario de dicha empresa comentó: *“he estimado que en Costa Rica hay mercado para unas 100 empresas más, como la mía”*.

En el producto 4 de la presente consultoría se estará profundizando en otros aspectos relacionados con precios del compost, así como el ahorro que representa para las municipalidades la transformación de los residuos orgánicos.

Retomando el trabajo de transformación de las municipalidades, se obtuvo una información reciente sobre el trabajo realizado por la de San Isidro de Heredia. La cual a mediados de diciembre del 2019 inició un proyecto piloto en 20 viviendas, recolectando con una frecuencia de una vez por semana los residuos orgánicos y trasladándolos a las instalaciones del Centro Agrícola Cantonal (CAC), donde se les da tratamiento. Ambas organizaciones firmaron un acuerdo de cooperación.

<sup>12</sup> Entrevista realizada el 13 de enero del 2020 en las instalaciones de la empresa ubicada en la Guácima de Alajuela.

Se destaca además que en el caso de la Municipalidad de Alvarado existe una relación contractual entre el gobierno local y un empresario, quien presta el servicio de recolección de todos los residuos sólidos ordinarios, maneja la planta de compostaje y el centro de recuperación de residuos valorizables.

Tanto el modelo de la municipalidad de San Isidro de Heredia como la de Alvarado tienen elementos similares y a la vez acordes con las tendencias actuales de descentralización de o parte del servicio de recolección y tratamiento.

En el caso de San Isidro de Heredia, la cadena de valor se acorta un eslabón, ya que se establece directamente la relación con un ente especializado en la producción agrícola, lo que hace que el producto final de la transformación pueda estar de una forma más cercana a los consumidores finales. No obstante, la experiencia es muy reciente para poder tener resultados concretos, por lo que se recomienda, seguir de cerca sus avances.

Dado que además de las municipalidades, se detectaron empresas que transforman los residuos orgánicos, para comprender mejor su demanda en el mercado nacional, se considera oportuno presentar la experiencia de la empresa Biofutura.

Esta empresa tiene siete años de transformar los residuos de comida de varias empresas (**recuadro 3**), así como otras formas de biomasa en el desarrollo de un producto: “abono orgánico EM-Compost”, su propietario el señor Javier Rodríguez, menciona que el nombre de su producto es para diferenciarlo de otros abonos orgánicos, debido a que posee microorganismos eficientes (EM por sus siglas en inglés).

### **Recuadro 3. Algunos hitos o momentos fundamentales en la empresa Biofutura**

El Sr. Rodríguez estuvo al frente de un proyecto piloto de compostaje de la Municipalidad de Santo Domingo de Heredia, en el año 2010. Además, la empresa Intel, le solicitó que tratara los residuos orgánicos de su comedor, que eran aproximadamente 10 ton/mes. La incorporación de los residuos de Intel, sobrepasó la capacidad de la planta. Este y otros problemas, dieron como resultado que se cerrara la iniciativa municipal, en el 2012.

En ese momento el Sr. Rodríguez ganó una licitación en el Banco Nacional y además encontró un terreno que cumpliera con los requisitos mínimos para operar. Estos fueron los aspectos fundamentales que lo impulsaron a iniciar su propio negocio, considerando que ya tenía una experiencia previa.

La zona donde se encuentra la empresa, para esa fecha estaba menos poblada, aspecto que fue cambiando con el tiempo.

Tras varios años de operar sin problemas (más que el financiero<sup>13</sup>), algunos vecinos se quejaron de su operación. La causa fue que se descompuso el tractor (mientras lo reparaba, transcurrieron como 15 días) cuando se hicieron los volteos, hubo mal olor. Lamentablemente, no pudo recuperar el

---

<sup>13</sup> Principalmente señala la imposibilidad de acceder a préstamos, debido a que no tiene garantías reales para hipotecar, y por el flujo de caja, debido a que las empresas a las que le vende sus servicios tardan entre 75 y 90 días para cancelarle, y tiene que pagar semanalmente a los operarios, entre otros costos fijos.

tractor, perdiendo un activo fundamental para el trabajo, y junto a la queja, fue un momento de mucha presión y desmotivación. No obstante, lo pudo superar.

Otro momento crítico fue la amenaza de incendio en las cercanías de su terreno, lo que estuvo a punto de quemar toda la infraestructura, aspecto que también al final, fue controlado.

En el 2018, se volvió a presentar otra queja de los vecinos, pero gracias a la experiencia obtenida, el problema, se resolvió rápidamente.

Finalmente, la diversificación de productos y servicios ha contribuido a la sostenibilidad financiera de la empresa, por ejemplo, con la venta de composteras rotatorias<sup>14</sup>, y madera triturada, entre otros.

Esta empresa, se ubica en la Guácima de Alajuela, en un área de 2 000 m<sup>2</sup>. La sostenibilidad financiera se basa en la recolección de los residuos orgánicos en las fuentes de origen y la diversificación de productos y servicios. El compostaje lo realiza con residuos de comida, caballaza (estiércol de caballo) y residuos de jardín, además de la incorporación de microorganismos eficientes.

Sus principales proveedores o clientes son empresas con políticas de responsabilidad ambiental o con filosofía de “Cero Residuos”. Se firma un contrato por un monto de fijo de recolección, con una duración de 1 a 4 años.

El proceso de trabajo se muestra en la **Figura 16**, el flujo consiste principalmente en la recolección de los residuos orgánicos, en estañones con su respectiva bolsa plástica, se trasladan a la empresa en donde descargan y se pesan, se procede a hacer las pilas o montículos, a los cuales se les realiza un volteo de una o dos veces por semana, cuando el material está maduro se procede a zarandearlo y a empacarlo para su comercialización.



Figura 16. Resumen del proceso de trabajo de la empresa Biofutura, íconos de flaticon.com

Fuente: elaboración propia

<sup>14</sup> Además, reciben aceite usado de cocina que lo intercambian por biodiesel.

Se destaca que, como resultado de la actividad, y a la cantidad de bolsas plásticas en los residuos, la empresa debe hacer un pago a una empresa para su disposición final (la cual se encarga de la recolección, transporte y disposición final), se espera que en el futuro pueda manejar estas bolsas en una alianza con otra empresa para la producción de biocombustible.

El Sr. Rodríguez comenta que lo único que le solicita a sus clientes es que dispongan sus residuos en los estañones (que su empresa les entrega) y que los cierren, esto para evitar la generación de moscas.

### 3.3. Impactos, co-beneficios, tecnologías, costos y competitividad

#### 3.3.1. Impactos

El tratamiento o transformación de los residuos orgánicos constituye una oportunidad para crear un sistema de circuito cerrado o para cerrar el ciclo, en favor de la sostenibilidad ambiental, económica y social.

Aprovechar los residuos orgánicos tiene un impacto positivo directo en el ambiente. Si estos residuos no se tratan, al descomponerse en los rellenos sanitarios, vertederos o botaderos a cielo abierto, generan gases de efecto invernadero (GEI), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano, emisiones que contribuyen al cambio climático mundial.

Estas emisiones también afectan la calidad del aire y están asociadas con problemas de salud pública, como el asma. Los residuos orgánicos al descomponerse en también impactan negativamente al recurso hídrico, afectando los ecosistemas, para mencionar un ejemplo.

Con los datos del Cuadro 11 se estimó que las emisiones reducidas o evitadas con el compostaje es de **1 098 719 (kgCO<sub>2e</sub>/año)**. Además, se tiene información de 20 municipalidades y 2 Concejos de Distrito que están realizando compostaje en hogares y comercios, mediante las técnicas de tambores rotatorios y takakura.

Considerando el caso de la Municipalidad de Desamparados, de Mora y del Concejo de Distrito de Paquera, las emisiones reducidas con el compostaje asciende a **61 (kgCO<sub>2e</sub>/año)**. Para mayor información se puede consultar el producto 2 de la presente consultoría.

#### 3.3.2. Co-beneficios

A continuación se presenta un resumen de los co-beneficios de la valorización de los residuos orgánicos, desde lo ambiental, social y económico.



<b>Ambiental</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Emisiones evitadas de gas metano, al no llegar a los rellenos sanitarios.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se prolonga la vida útil del sitio de disposición final, al reducirse la cantidad de residuos que ingresan al sitio.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Disminuye el riesgo -aún en los rellenos sanitarios- de que el lixiviado contamine el manto freático o el suelo, al mezclarse los residuos orgánicos (húmedos) con residuos de baterías y otros químicos que poseen metales pesados).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El compostaje permite aportar nutrientes y proporcionar estructura al suelo, mejorando sus características (calidad, permeabilidad, textura, retención de nutrientes, entre otros), y la capacidad de retención de la humedad de los suelos porosos. Regula el pH del suelo, y su aplicación es benéfica en la producción de cultivos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se evita la eutroficación provocada por los abonos industriales.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se produce una mayor capacidad de retención de la humedad y de infiltración del agua a capas inferiores del suelo, disminuyendo escorrentía y la erosión</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se crea una mayor aireación del suelo y una mejor salud de las plantas, provocando una menor incidencia en las enfermedades en los cultivos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Disminuye la presión sobre los recursos naturales como la tierra negra y el petróleo (materia prima de fertilizantes sintéticos), al reducir su consumo.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se puede utilizar en parques, en la producción agrícola o forestal, o para recuperar suelos quemados, lo que permite ir devolviendo al suelo la materia orgánica y los nutrientes que se extraen de él.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ En general se evita la contaminación del aire resultante de la quema de los residuos sólidos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Incentivan el aumento de la cobertura vegetal de la ciudad, al tener disponibilidad de sustratos para cultivar plantas, que aumentan la tasa de fijación de dióxido de carbono, lo que mitiga el calentamiento global.</li> </ul>

<b>Social</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Disminuye la presión para encontrar un nuevo sitio para disposición final, lo que ocasiona que se reduzca las posibles fuentes de conflictos debido a intereses distintos en los usos futuros del suelo. Además que se disminuyen los malos olores en estos sitios que afectan principalmente a las personas que viven cerca del botadero a cielo abierto, vertedero o relleno sanitario.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se puede mejorar la economía doméstica, ya que se aprovecha el producto para huertos comunales y se disminuye el desperdicio.</li> </ul>

## **Social**

- Previene la aparición y transmisión de enfermedades que se generan por el manejo no seguro de los recursos orgánicos al reducir la proliferación de vectores (moscas, roedores, entre otros) y otros patógenos y enfermedades.
- Facilitan la obtención de alimentos orgánicos, libres de contaminación por agroquímicos, fomentando la alimentación sana como estrategia de salud preventiva.
- Permiten disponer de sustratos orgánicos para el cultivo ecológico de plantas aromáticas medicinales, las cuales se constituyen en una alternativa natural a los productos farmacológicos.
- Implementar un programa de compostaje ofrece a la ciudadanía una oportunidad de participar en una actividad de protección ambiental.
- Facilitan la transición hacia modelos de agricultura ecológica u orgánica.
- Por los impactos positivos al ambiente, el aprovechamiento de residuos orgánicos, contribuye, a mejorar la salud humana (disminuyendo enfermedades como el asma, entre otros).

## **Económico**

- Posibilita la consolidación de proyectos productivos para la generación de ingresos alrededor de la producción de abonos y alimentos orgánicos.
- Minimiza la dependencia externa de fertilizantes, así mismo, brindan una mayor sostenibilidad y autonomía para los agricultores al aprovechar los recursos locales
- Se presenta un ahorro en el transporte y pago por la disposición final, lo que tiene una implicación para las finanzas municipales y de la población usuaria, considerando que el país se está dando una tendencia a la regionalización de los rellenos sanitarios.
- Beneficia al sector agrícola al poseer efectos positivos que redundan en una mayor producción en el agro.
- Se puede ir paulatinamente sustituyendo al máximo las importaciones de los fertilizantes inorgánicos o sintéticos.
- El biogás se utiliza en la generación de electricidad, calor o gas natural renovable, con lo que se contrarresta el consumo de combustibles fósiles y se ofrece una fuente local de energía renovable.
- Posibilita la consolidación de proyectos productivos para la generación de ingresos alrededor de la producción de abonos y alimentos orgánicos.

### 3.3.3. Sobre la tecnología y su inversión

La empresa Biofutura utiliza la tecnología de compostaje de patio, para ello utiliza un tractor para los volteos y aplica microorganismos eficientes. La inversión que realizó la empresa en el 2012 fue de US \$ 40 000. En la **Figura 17** se muestra un modelo de una planta de compostaje en patio.

El empresario considera que una mejora en la tecnología sería la instalación de un sistema de hileras con aire inducido, para lo cual requiere US \$ 12 000. Además, tiene un proyecto piloto con la Municipalidad de San Rafael, financiado con fondos del programa Transforma, para la instalación de un sistema de aireación en recipientes cerrados. Para mayores detalles ver el producto 4 de la presente consultoría.



Figura 17. Modelo de distribución de un patio de compostaje

Fuente: <http://www.recytrans.com/blog/reciclaje-de-residuos-organicos/>

### 3.3.4. Aspectos financieros

Sobre la comercialización del compost existen dos maneras de realizar el abordaje:

- “El enfoque de gestión de residuos sólidos, en el que el compostaje es una forma de tratamiento de residuos orgánicos dentro del sistema de gestión de residuos sólidos. El compost es visto como un subproducto”.
- El enfoque de marketing, en el que el compostaje es una forma de producir un producto valioso, un producto que se puede vender. El compost es el núcleo de todas las actividades<sup>15</sup>”.

<sup>15</sup> EAWAG. (2008). Marketing Compost. Suiza. Traducción libre.

En el caso de Costa Rica, según la información recopilada, lo que está funcionando es el primer abordaje, dado que no solo es lo realizado por las municipalidades que tienen iniciativas de elaboración de compost (a escala familiar o centralizado), sino que también es lo que impera en la empresa Biofutura, debido a que la generación de ingresos se debe a la venta del servicio de recolección, más que a la venta del compost.

Se destaca por otra parte, que el enfoque de marketing, en la medida que logre ser exitoso generalmente dará como resultado el cumplimiento de los objetivos de gestión de residuos sólidos, aspecto que puede construirse en el país en el corto y mediano plazo.

La **estructura básica de costos** de una empresa o una planta municipal para la transformación de los residuos orgánicos, estará en función de la cantidad de residuos orgánicos que procese, así como de otras variables, como, por ejemplo, que la empresa o la municipalidad, tengan un terreno, maquinaria propia, o tenga que alquilar, o pagar los costos financieros si fueron adquiridos mediante un préstamo, no obstante, se pueden mencionar los siguientes rubros:

- Alquiler del terreno y edificio (si tiene un terreno propio, puede considerarse el pago de los costos financieros si se adquirió mediante un préstamo).
- Pago de salarios al personal (puede incluirse desde el gerente, jefe de operaciones, gestor ambiental, operarios de maquinaria y chofer, trabajadores, guarda –por la noche-, y la persona encargada de la comercialización).
- Pago de prestaciones y cargas sociales de todo el personal (incluido el seguro de riesgos del trabajo, y otras garantías en el caso del personal municipal, principalmente).
- Pago de electricidad, agua, teléfono, internet.
- Alquiler del tractor (de no ser necesario el alquiler de ese equipo, debe considerarse su depreciación y el pago de los costos financieros si se adquirió con un préstamo).
- Pago por la disposición final de las bolsas.
- Pago de combustible, lubricantes, repuestos y depreciación de los vehículos.
- Compra de sacos.
- Compra de uniforme (reposición).
- Compra de microorganismos eficientes (éstos pueden llegar a elaborarse, y no se necesitaría adquirirlos, por ejemplo, en el caso de la información suministrada por Biofutura, el costo anual por la compra de este rubro es de ¢ 300 000 y al elaborarlos el monto se reduce a ¢ 25 000).
- Compra de manteados para cubrir los montículos o pilas (de no tener una infraestructura con techo).
- Mantenimiento de la maquinaria, equipos y vehículos.
- Mantenimiento de edificios e infraestructura.
- Mantenimiento de equipamiento y accesorios.
- Pago de seguros, pólizas, patentes, entre otros.

- Otros gastos administrativos (materiales y suministros de oficina, viáticos y capacitaciones, entre otros).

La empresa Biofutura considera que sus costos mensuales ascienden aproximadamente a US \$ 4 500.

Sobre los **ingresos** por la venta del compost, en Europa se cobra una tarifa a las empresas por tratarles sus residuos orgánicos, el monto es un poco inferior a la tarifa que se cobra en los rellenos sanitarios, además, tienen el respaldo legal, para realizar el cobro. Otra forma de generar ingresos en esas plantas europeas, es que tienen posibilidad de colocar su “compost ecológico”<sup>16</sup>, siendo estas las principales diferencias con la realidad nacional.

La empresa Biofutura, vende el saco de 30 kg de compost a un precio de ¢ 3 000 (US \$ 5), y en la actualidad, su venta es muy poca. La principal fuente de ingresos es por la tarifa de recolección (varía entre US \$ 120 a US \$ 150 ton). El monto está en función de la distancia, siendo el dato estimado de ingresos mensuales en US \$ 8 000, según información brindada por el Sr. Rodríguez.

En la municipalidad de Jiménez el saco de compost sin cribar es de aproximadamente ¢ 1 500 (US \$ 2.64) y cribado de ¢ 1 800 (US \$ 3.19). En las municipalidades de San Rafael y de Pérez Zeledón, el saco de 25 kg tiene un precio de ¢ 2 500 (US \$ 4.40)

Una de las empresas entrevistadas que transforma residuos orgánicos, mencionó que sus costos anuales ascienden aproximadamente a US \$ 54 000. Esta empresa utiliza el compostaje en patio, alquila un terreno de 7 000 m<sup>2</sup>.

Se realizaron estimaciones para determinar el costo de operación y mantenimiento para otras formas de tratamiento centralizado (para más detalle ver el informe del producto 4 de la presente consultoría): compostaje en patio, en bolsas de silo, en hileras con aire inducido y digestión anaerobia (**Cuadro 12**).

*Cuadro 12. Resumen de los costos de operación y mantenimiento de las tecnologías de tratamiento centralizado de residuos orgánicos (en dólares)*

<b>Tecnología</b>	<b>Costos de operación y mantenimiento anuales (en US \$)</b>
Compostaje en patio <sup>1/</sup>	110 220
Compostaje en bolsas de silo <sup>1/</sup>	119 069
Compostaje en hileras con aire inducido <sup>2/</sup>	9 826
Digestión anaerobia <sup>3/</sup>	69 000

<sup>1/</sup> Para un terreno de 10 000 m<sup>2</sup> y 9 personas

<sup>2/</sup> Es más tecnificado por lo que solo requiere 1 persona

<sup>3/</sup> Es el más tecnificado y requiere 10 personas (en los costos estimado se considera el salario y sus respectivas para prestaciones sociales para un directivo, ya que el dato se obtuvo del proyecto a desarrollar por la UNGL en la provincia de Cartago).

**Fuente: Elaboración propia**

<sup>16</sup> Ídem. Pag 16.

### 3.3.5. Inversión

En función del método de tratamiento que se utilice (aspectos que se detallarán en el informe 4 de la presente consultoría), así serán los rubros y los montos de inversión a realizar. Sin embargo, se puede efectuar una lista general de elementos fundamentales para el establecimiento de una planta de compostaje, ya sea pública o privada (o una combinación de ambas), en donde se incluye desde los estudios y permisos previos, la construcción de la infraestructura y edificación, la adquisición de maquinaria, equipos y vehículos, así como de equipamiento y accesorios, como se detalla a continuación:

#### **Inversiones previas, estudios y permisos:**

- Compra del terreno.
- Realización de estudios de ingeniería, plan de manejo, viabilidad o impacto ambiental, permisos municipales y del Ministerio de Salud.
- Permisos ambientales de la Secretaria Técnica Nacional Ambiental (SETENA).

#### **Infraestructura y edificación:**

- Malla perimetral.
- Áreas verdes o revegetación (en franja de protección perimetral de la planta).
- Preparación de la superficie para el compostaje (mínimo: despeje, nivelación, compactación).
- Preparación de caminos de circulación (mínimo: despeje, nivelación, compactación).
- Sistema de evacuación pluvial (mínimo cuneta colindante a camino).
- Oficina, comedor, servicios sanitarios, (pueden ser contenedores, como los que utiliza la empresa Biofutura).
- Galerón para acopio del compost producido y bodega (alternativa: área techado).
- Báscula de pesaje (en función de la cantidad de residuos a procesar).
- Sistema de suministro de agua potable y tratamiento de aguas residuales.
- Sistema de suministro eléctrico.
- Sistema de humectación de pilas con estanques, bombas y mangueras (deseable).
- Inversiones diversas (portón, señalización, muebles, estantes, cocina, etc.).
- Sistema de inyección de aire.

#### **Maquinaria, equipos y vehículos:**

- Cargador frontal.
- Tractor con pala o minicargador (eventualmente eléctrico).
- Volteadora.
- Chipeadora o trituradora (eventualmente eléctrica).
- Camión.
- Vehículos livianos.

#### **Equipamiento y accesorios:**

- Tornillo sin fin u otro sistema para cernir el material.
- Sistema de ensacado de compost con tolva de alimentación.
- Equipamiento, herramientas e implementos (en el caso de la empresa Biofutura, la adquisición de los estañones para trasladar los residuos orgánicos).

La municipalidad de Alvarado realizó una inversión inicial en el 2013 de US \$ 70 000<sup>17</sup> únicamente en la construcción de la planta, la municipalidad disponía del terreno y de alguna maquinaria, el empresario que administra la planta de compostaje compró un back hoe para realizar el volteo. En el caso de la empresa Biofutura, reporta una inversión aproximada de US \$ 40 000.

### **3.3.6. Competitividad**

En el caso de las municipalidades que están realizando la transformación de los residuos orgánicos se ha detectado, que sus principales impulsores son:

- Reducción de los residuos trasladados al sitio de disposición final, lo que se traduce en un ahorro en los costos de recolección y disposición final.
- La posibilidad de comercialización del producto, la mayoría se ubica en zonas en donde la actividad agropecuaria es fundamental en la economía local.
- Reducción en la emisión de GEI.

La comercialización del producto final, en las municipalidades, no es un impulsor, como se comentó anteriormente este aspecto tampoco es una prioridad para la empresa Biofutura.

Esta empresa vende a viveros, parques, cementerios y algunas municipalidades, también al detalle. Además, en ocasiones se dona y se entrega sin costo alguno, un porcentaje pequeño a sus clientes.

## **3.4. Factores claves en el desarrollo e implementación de la transformación de los residuos orgánicos y barreras identificadas**

### **3.4.1. Factores claves para la implementación de la transformación**

A continuación, se detallan algunos elementos claves necesarios para la implementación de la transformación de los residuos orgánicos:

- Se requiere la elaboración de un reglamento para la gestión de los residuos orgánicos, aunque a nivel de la Presidencia, se trabaja en un plan nacional de

---

<sup>17</sup> Información suministrada a ACEPESA por la gestora ambiental de ese momento Ing. Gabriela Gómez.

compostaje, debe considerarse a todos los actores involucrados en la cadena de valor de este residuo.

- La separación en la fuente, acompañada de una recolección selectiva (en el caso de un sistema centralizado municipal para la elaboración del compost).
- La coordinación o enlace con los clientes potenciales del compost: sector agropecuario, viveros, entre otros.
- El mercadeo es fundamental para la colocación del producto.
- Establecimiento de alianzas público privadas.
- El impulso de emprendimientos como los de la empresa Biofutura.
- Desarrollo de posibilidades de capacitarse a nivel nacional, debido a que en el caso del Sr. Rodríguez debe salir al exterior a capacitarse.
- El impulso de la agricultura orgánica, y la regulación de los fertilizantes químicos.

### 3.4.2. Barreras identificadas

En el **Cuadro 13** se detallan las diferentes barreras identificadas en el proceso de transformación de los residuos orgánicos por parte de las personas entrevistadas.

*Cuadro 13. Barreras económicas, tecnológicas y de ubicación e infraestructura de la transformación de los residuos orgánicos*

<b>Económicas</b>	<b>Tecnológicas</b>	<b>Ubicación e infraestructura</b>
Las grandes empresas que administran los rellenos sanitarios ofrecen un precio más bajo por el servicio de disposición final, por lo que siempre es más alto el costo de compostear estos residuos que enterrarlos.	El desconocimiento de tecnologías modernas disponibles; por lo se requieren contactos en otros países.	Las municipalidades y otras instituciones solo permiten proyectos de compostaje en zonas alejadas de las ciudades o centros de alta densidad poblacional, y eso hace que el transporte de los residuos encarezca el costo de operación y haga inviables proyectos de pequeña escala.
La infraestructura es costosa para tener un proyecto en condiciones ideales y razonables.		Encontrar propiedades aptas para proyectos de compostaje que son tan sensibles ambientalmente, es difícil.
Dificultad para acceder a financiamiento debido a las garantías exigidas y los plazos de crédito (de 30 a 90 días) aún para PYMEs.		
El abono orgánico está subvalorado en el mercado y hay bastante competencia (alimentación no tecnificada de cerdos y fertilizantes sintéticos); por lo que se acumula el producto sin vender.		
Registro de la marca		

Fuente: elaboración propia con base en las entrevistas realizadas



Respecto a la primera barrera económica mencionada, se puede explicar por la existencia de **economía de escala** que han logrado desarrollar las empresas que operan rellenos sanitarios, ya que manejan una gran cantidad o volumen de residuos, no solo de residuos orgánicos, sino todos los residuos sólidos y no solo de una municipalidad, sino de varias.

En términos generales estudios han demostrado que tratar los residuos orgánicos lo más cerca de la fuente de origen, reduce los costos los costos de recolección y transporte, el cual es el principal rubro en la estructura de costos de la prestación del servicio de aseo público municipal.

Lo referente a la inversión y a las limitaciones de financiamiento en general, también fue mencionado por las otras empresas de transformación de residuos valorizables, lo que tiene que trabajarse en soluciones a escala nacional.

Aunque no fue mencionado por las personas entrevistadas se debe destacar que la actividad de transformación de los residuos orgánicos es relativamente reciente en el país, lo que implica que la infraestructura y las experiencias sean limitadas, tanto a escala municipal como privada, aspecto que ha ido cambiando en la última década.

Otro aspecto que es importante mencionar es que el uso del compost en la agricultura actual también es muy limitado, la tendencia a consumir más sano es nueva, ya que la agricultura tradicional o convencional utiliza fertilizantes sintéticos, lo que implica una gran competencia para el compost, como mejorador de suelos.

El aprovechamiento de los residuos orgánicos, al igual que el resto de residuos valorizables, está estrechamente ligado con la recolección selectiva o con la promoción de programas de compostaje a escala familiar o comunal. En el primer caso la separación en la fuente es una arista para incrementar la cantidad de residuos orgánicos de buena calidad recuperados. Otro aspecto en el que debe trabajarse en incrementar el desarrollo de alternativas para su utilización: electricidad, gas, digestato, o alimento para animales.

Por lo tanto, para la comercialización del compost es fundamental el establecimiento de una alianza con el sector agropecuario para garantizar su comercialización y que los beneficios del proceso de compostaje se visualicen en el corto plazo.

Finalmente, la Dra. Scheinberg (2011) especialista en el tema de residuos sólidos, en su tesis, propone que incrementar el precio en los sitios de disposición final, esta es una manera directa para ejercer presión para la creación de sistemas de separación de los residuos sólidos municipales. Debe recordarse que el incremento en los costos de disposición final en la prestación del servicio de aseo público, tendrá un efecto directo en la tarifa que se cobra a la población usuaria. Y esto creará un círculo virtuoso para el cambio cultural en el manejo de los residuos sólidos en general, acompañado por supuesto de programas de educación.

### 3.5. Alianzas público privadas y legislación

#### 3.5.1. Alianzas público privadas

En la investigación solo se identificó una alianza todavía reciente entre la empresa Biofutura al entregar las bolsas con residuos de materia orgánica, a la empresa Polyfuel de Costa Rica, la cual está elaborando combustibles, sin embargo, es un proyecto piloto.

En la municipalidad de Alvarado, la administración de la planta de compostaje está a cargo de un empresario de la zona, la relación es contractual.

#### 3.5.2. Sobre la legislación

La Ley para la Gestión Integral de Residuos No 8839 norma el marco legal para la gestión integral de los residuos, en donde los principios y la jerarquía de los residuos establecen el impulso de la separación, la recolección selectiva, el reciclaje y valorización de los residuos incluidos por supuesto los residuos orgánicos.

Es importante destacar que el Reglamento a la Ley 8839, en el artículo 20... "autoriza a las municipalidades para que desarrollen tecnologías alternativas para el tratamiento de residuos, siempre y cuando sean menos contaminantes". Además, en ambos instrumentos se prioriza el tratamiento antes de la disposición final.

Una investigación de la Unión Nacional de Gobiernos Locales (UNGL) elaborada por Eida Arce en el 2018 y actualizada en el 2019, identificó **41** municipios (**50%**) con reglamentos sobre la gestión integral de residuos sólidos que contemplan o mencionan a los residuos orgánicos, los cuales fueron elaborados entre el 2010 y el 2019, la mayoría publicada entre el 2017, 2019 y 2015, como se observa en el **Cuadro 14**.

*Cuadro 14. Lista de municipalidades con reglamentos sobre gestión integral de residuos sólidos que consideran los residuos orgánicos*

N°	Cantón	Año de publicación	Observaciones
1	Tibás	2019	Diferencia residuos biodegradables de los de poda y jardín, los biodegradables se pueden separar siempre que el generador pueda gestionarlos en la fuente de forma adecuada o entregarlos a un tercero que los gestione.
2	Pérez Zeledón	2019	Se norma el manejo de los residuos orgánicos ( <b>recuadro 1</b> ).
3	Puntarenas	2019	Define residuos orgánicos biodegradables, incluyendo poda y jardín y establece que no son ordinarios y que no pueden disponerse en el servicio.

N°	Cantón	Año de publicación	Observaciones
4	Alajuelita	2019	<p>Los residuos orgánicos fácilmente biodegradables separados en la fuente pueden ser:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Sujetos a compostaje directamente por la instancia y/o persona generadora en su propiedad, siempre que esta disponga de las condiciones adecuadas para realizar esta tarea, específicamente de un espacio suficiente y que garantiza por su localización y la forma del tratamiento del material que no contamina el ambiente y no molesta a los vecinos/as. En aquellos casos donde supere un estañón, requerirá previa autorización de la Municipalidad y cualquier otra institución pública.</li> <li>b. Entregados en la fecha definida por la Municipalidad y en las condiciones reguladas por este reglamento al servicio de recolección específica de dicho material.</li> </ol>
5	León Cortés	2019	<p>Recolección de residuos orgánicos: de la recolección de residuos de origen orgánico que puedan ser empleados para procesos de compostaje y aprovechamiento energético. Centros de Recuperación de Residuos Orgánicos. La Municipalidad tiene la facultad de instalar y operar centros de recuperación de materiales orgánicos o de compostaje o autorizar a terceros, previamente calificados para la acumulación, clasificación, preparación y comercialización del producto final. Estos centros deberán contar con los permisos correspondientes por parte del Ministerio de Salud y su operación no debe provocar molestias a las personas que trabajan en estos sitios o a los vecinos.</p>
6	Los Chiles	2019	<p>Define Residuo orgánico: Residuo fácilmente biodegradable sólido o semisólido, de origen animal o vegetal, que puede ser descompuesto y aprovechado por medio del compostaje. Define también compostaje, pero no habla sobre segregación, o manejo en la fuente.</p>
7	Corredores	2019	<p>Disponer adecuadamente dentro de su propiedad los residuos orgánicos provenientes de áreas verdes, fincas, forestales y similares.</p>
8	San Carlos	2019	<p>Define residuos compostables y residuos orgánicos. Compostaje o tratamiento orgánico: la Municipalidad promueve el tratamiento de residuos orgánicos y promueve la instalación de plantas privadas o comunales. Los centros de recuperación de materiales orgánicos o de compostaje podrán realizar el tratamiento y comercializar del producto final, siempre y cuando cumpla con la legislación vigente.</p>

N°	Cantón	Año de publicación	Observaciones
9	Coto Brus	2018	<p>Se utilizarán bolsas de color <b>verde</b> para residuos sólidos valorizables, <b>negras</b> para residuos sólidos no valorizables, <b>blancas</b> para los orgánicos y <b>rojas</b> para residuos peligrosos o en su defecto debidamente identificado su contenido. Las bolsas deberán cerrarse por medio de un dispositivo de amarre fijo o por medio de un nudo, de tal forma que no permitan la entrada de agua, insectos o roedores, ni el escape de líquidos.</p> <p>Los residuos sólidos orgánicos serán tratados mediante compostaje o disposición adecuada en el relleno sanitario, centros de compostaje y sitios autorizados. La Municipalidad instalará plantas de compostaje propias, promoverá la instalación de plantas privadas y la suscripción de convenios para que estas personas privadas dispongan adecuadamente de los residuos orgánicos recolectados por el servicio municipal.</p>
10	Palmares	2018	<p>Residuos de jardín. El servicio de manejo de residuos no incluye la recolección de residuos de jardín, por lo que todo generador debe gestionarlos adecuadamente bajo su propia responsabilidad y costo.</p> <p>Artículo 15 bis. Centros de recuperación de residuos orgánicos. El gobierno local tiene la facultad de instalar y operar centros de recuperación de residuos orgánicos (pilas de compostaje, lombricultura, otros), en su territorio y además deberá de promocionarlas a nivel de hogares y comercio, he instituciones publica del cantón, en el marco de la estrategia nacional de reciclaje. Podrá también el municipio elaborar convenios con entidades públicas y privadas para el manejo, transporte, y procesamiento de los residuos orgánicos que se produzcan en su sede. Estos centros deben contar, previo a iniciar labores, con los permisos respectivos del Ministerio de Salud y de la Municipalidad y con el reglamento.</p>
11	Acosta	2018	<p>Se incluye los orgánicos fácilmente biodegradables, se indica como frecuencia de recolección: una vez por semana.</p> <p>De los residuos orgánicos. Los residuos orgánicos fácilmente degradables separados en la fuente pueden ser:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Sujetos a compostaje directamente por el generador en su propiedad, siempre que éste disponga de las condiciones adecuadas para realizar esta tarea, específicamente de un espacio suficiente y que garantiza por su localización y la forma del tratamiento del material que no contamina el ambiente y no molesta a los habitantes vecinos.</li> <li>b. Entregados en la fecha definida por la Municipalidad y en las condiciones reguladas por el reglamento al servicio de recolección específica de dicho material.</li> </ol>
12	Turrubares	2018	<p>Plantea separación de orgánicos, pero no incluye residuos animales</p>

N°	Cantón	Año de publicación	Observaciones
13	Orotina	2018	Artículo 23. Centros de recuperación de materiales orgánicos o compostaje. El Municipio tiene la facultad de instalar y operar centros de recuperación de materiales orgánicos o de compostaje o autorizar a terceros previamente calificados para la acumulación, tratamiento de y comercialización del producto final. Estos centros deben contar, previo a iniciar labores, con los permisos respectivos del Ministerio de Salud y de la Municipalidad. Deben además cumplir con los requisitos laborales y ambientales que establezca la legislación vigente y contar con adecuadas condiciones higiénicas, laborales y sanitarias. La operación del centro no debe provocar molestias a las personas que en ellos trabajan o a las personas vecinas.
14	Matina	2017	No menciona residuos orgánicos, salvo para indicar que los valorizables deben ir libre de ese tipo de residuos.
15	Garabito	2017	Habla de residuos biodegradables: poda y alimentos.
16	Abangares	2017	Habla de residuos biodegradables como los fácilmente compostables.
17	Poás	2017	Define residuo fácilmente biodegradable, separación en la fuente, con opciones de compost, bocashi, takakura, o posibilidad de un centro de compostaje municipal.
18	San Ramón	2017	Define residuo biodegradable que debe ser gestionado por el generador o entregado a ente o centro de compostaje.
19	Pococí	2017	Diferencia residuos orgánicos, de los de origen animal y las podas/jardín. Plantea que deben ser entregados en tarros retornables.
20	Esparza	2017	Plantea residuos orgánicos los que se pueden compostear en centro de acopio municipal o tercerizado.
21	Nandayure	2017	Residuos fácilmente biodegradables, se recogen 1 o 2 veces por semana. La municipalidad puede operar o dar a terceros un centro de compostaje.
22	Hojancha	2017	
23	Santa Bárbara	2016	
24	Carrillo	2016	
25	Aserrí	2016	
26	Alvarado	2015	
27	Desamparados	2015	
28	Zarcero	2015	
29	La Unión	2015	
30	El Guarco	2015	Solo tarifario.
31	Upala	2015	
32	San Pablo	2015	
33	Escazú	2015	
34	Alajuela	2014	
35	Acosta	2014	
36	Sarapiquí	2014	

N°	Cantón	Año de publicación	Observaciones
37	Santo Domingo	2014	
38	Mora	2013	
39	San Carlos	2011	
40	Talamanca	2011	
41	Jiménez	2010	Define residuos aprovechables biotecnológicamente: Son residuos biodegradables que se pueden utilizar en la producción de abono orgánico u otros productos reutilizables que cumplan con las normas establecidas a nivel nacional y con las del reglamento.

Fuente: Eida Arce, UNGL, 2020.

Por ejemplo, en La Gaceta N° 182 del jueves 26 de setiembre del 2019, la Municipalidad de Pérez Zeledón publicó el *Reglamento autónomo para el tratamiento integral de residuos ordinarios en el cantón de Pérez Zeledón*, en donde norma el manejo de los residuos orgánicos (**recuadro 4**).

#### **Recuadro 4**

**Artículo 10:** De las responsabilidades del generador. Inciso 4.

*Bajo pena de aplicación de la multa estipulada en el artículo 85 del Código Municipal Los residuos a ser recolectados deberán cumplir con las siguientes condiciones;*

*ii) Bolsa o recipiente (reutilizable) biodegradable o compostable para residuos orgánicos.*

**Artículo 12:** Recolección de residuos sólidos.

La recolección de residuos sólidos ordinarios en el cantón se ejecuta de forma selectiva de conformidad con las siguientes categorías:

1. *Residuos no valorizables.*
2. *Residuos valorizables.*
  - a. *Reciclables.*
  - b. *Residuos orgánicos*
3. *Residuos no tradicionales, voluminosos y especiales*

**Artículo 13:** Categorías de residuos sólidos a separar.

h. Residuos orgánicos.

**Artículo 14.-** Frecuencia.

La frecuencia de recolección es la siguiente:

- a) *Residuos sólidos no valorizables: será determinada por las necesidades del servicio.*
- b) *Residuos valorizables:*
  - *Reciclables: al menos una vez al mes*
  - *Orgánicos: dos veces por semana en área residencial y todos los días en área comercial.*

**Artículo 17.-** Plantas para producción de compostaje.

- a. *Para la venta, comercialización del producto debe cumplir lo dispuesto en el Decreto 39733 COMEX-MEIC-MAG*
- b. *Estos centros deben contar, previo a iniciar labores, con los permisos respectivos del Ministerio de Salud y de la Municipalidad.*

- c. *Deben además cumplir con los requisitos y condiciones, laborales, ambientales y sanitarias que establezca la legislación vigente.*
- d. *Para el transporte de los residuos orgánicos los vehículos utilizados deberán de cumplir con los requerimientos básicos necesarios establecidos en la ley de tránsito.*
- e. *Los vehículos utilizados para el transporte de material o residuos orgánicos deberán garantizar condiciones óptimas para evitar el derrame de lixiviados o desprendimiento de material fuera de su contenedor.*

Por otra parte, como se ha comentado anteriormente, es muy importante el encadenamiento entre los transformadores de residuos orgánicos y el sector agrícola<sup>18</sup>, legalmente existen instrumentos legales que permiten esa alianza, tales como:

- Constitución Política (Artículo 50).
- Programa de fomento de la Producción Agropecuaria Sostenible. Ley No 8408 de marzo del 2004.
- Ley de desarrollo, promoción y fomento de la actividad agropecuaria orgánica. No 8591 del 28 de junio del 2007.
- Ley de fomento a la producción agropecuaria No. 7064 del 29 de abril de 1987
- Reglamento de la Ley de Fomento a la producción agropecuaria No. 31570 del 17 de noviembre de 2003.
- Reglamento de financiamiento de programas de asistencia técnica y financiera de apoyo al mercado No.26487 de 21 de setiembre de 2005.
- Reglamento para el manejo de rastros, desechos y residuos de origen Animal y Vegetal para el control de Plagas. Decreto No 37358-MAG de agosto de 2012.

Además, en el Reglamento de Agricultura Orgánica No 29782 MAG del 18 de setiembre del 2001, se menciona que la “agricultura orgánica es de suma importancia para el país en relación con la salud de la población, la conservación del ambiente, la generación de fuentes de empleo y el mejoramiento de la calidad de vida de los seres humanos”.

El reglamento tiene como objetivo establecer directrices para la regulación de la producción, elaboración y comercialización de productos agropecuarios orgánicos en el país.

Por otra parte, en el país, recientemente se elaboró el Plan Nacional de Descarbonización, en donde se plantea la descarbonización de la economía para el 2050, define 10 áreas estratégicas para alcanzar esa meta. El tema de la gestión integral de residuos (GIR) es la séptima área y se enfoca en que “*el país consolidará un sistema de GIR basado en la separación en la fuente, la reutilización, la valorización y la disposición final con un máximo de eficiencia y con bajas emisiones de GEI*”. Aspecto relacionado directamente con el manejo de los residuos orgánicos.

---

<sup>18</sup> Mauri. C, 2013.

Además, la NAMA Residuos (2018) -en proceso de revisión-, establece como meta que “Al 2030 Costa Rica reducirá en un 65 % sus emisiones de GEI, generados por los residuos sólidos ordinarios, mediante la implementación del sistema de gestión integral de residuos, partiendo de una línea base estimada para el 2019 de 1 331 millones de toneladas de CO<sub>2e</sub>. Para ello los objetivos estratégicos propuestos son:

1. Optimizar los procesos de separación en la fuente, los sistemas de recolección y transporte selectivos de residuos ordinarios para su valorización.
2. Desarrollar sistemas para el aprovechamiento de residuos orgánicos mediante su tratamiento en el ámbito familiar o en sistemas centralizados, para la mitigación de las emisiones de gases con efecto invernadero, producto de la descomposición anaerobia en los sitios de disposición final.
3. Impulsar buenas prácticas ambientales para el fomento de la Producción y Consumo Sostenible (PyCS) enfocadas en la prevención, la reducción, la reutilización, el incremento en la recuperación de materiales valorizables y la transformación local de materiales, el aumento del empleo con enfoque inclusivo y de economía circular.
4. Promover el fortalecimiento institucional y la toma de decisiones políticas que permitan la aplicación de la Ley 8839 y la coordinación interinstitucional e intersectorial.

El objetivo 2 será retomado en el producto 4 de la presente consultoría.

### **3.6. Conclusiones y recomendaciones**

Se enumeraron los beneficios del tratamiento de los residuos orgánicos para la mitigación de efectos de cambio climático, mejoramiento de la calidad del aire y del recurso hídrico.

Por lo anterior, es prioritario la consideración de prohibición de residuos orgánicos en rellenos sanitarios, incrementar el precio de disposición final. Cumplir la Ley No. 8839 en el establecimiento de sistemas de recolección selectiva. Expandir los programas de tratamiento en sitio y municipales.

Impulsar la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías y tramitología simplificada, así como acceso a financiamiento. Lo que permitiría tener más ejemplos en el país de las diferentes tecnologías que se están utilizando a nivel mundial.

Fortalecer las alianzas entre el sector municipal, privado que transforma residuos orgánicos y el sector agropecuario.



## 4. Fuentes bibliográficas

- Araya, R. (2020). Entrevista personal con Roberto Araya, Empaques Santa Ana. S.A.
- Arce, E. (2019). Entrevista personal con Eida Arce, UNGL.
- Castellón, H. (2010). *Plásticos oxo-biodegradables vs. Plásticos biodegradables: ¿cuál es el camino?* Corporación americana de resinas.
- Cerdas, J. (2019). Entrevista personal con Jaime Cerdas.
- Conoce la historia. (n.d.). *Conoce la historia*. Recuperado de Historia del cartón: <http://conocelahistoria.com/c-materiales/historia-del-carton/>
- DIGECA-MINAE, 2016. *Hacia la consolidación de un plan de gestión de residuos en oficinas públicas: Identificación, recuperación, separación y almacenaje*. Recuperado de: [http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/consolidacion\\_plan\\_residuos\\_institucionales\\_pgai\\_cia\\_olman\\_mora.pdf](http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/consolidacion_plan_residuos_institucionales_pgai_cia_olman_mora.pdf).
- Eden. 2019. *Los siete plásticos presentes en nuestro día a día*. Recuperado de: <https://www.edenagua.com/los-siete-tipos-de-plasticos-presentes-en-nuestro-dia-a-dia/>.
- ICE. (2019). *Publicación sobre las tarifas de electricidad*. Recuperado de: <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/669c79e9-84c9-4682-b63b-136238ebc7e2/Tarifas+actuales.pdf?MOD=AJPERES>
- Gibler, M. (2018). *Case study of post-consumer plastic in Germany, from shelf to shelf recycling*. Beijing, 6th Juner, 2018.
- Green Earth LLC. (3 de Abril de 2017). *Economic Benefits of Cardboard Recycling*. Recuperado de <https://nearsay.com/c/261983/234930/3-economic-benefits-of-cardboard-recycling>
- Gobierno de la República de Costa Rica. (2019). *Plan Nacional de descarbonización*. Recuperado de <https://minae.go.cr/images/pdf/Plan-de-Descarbonizacion-1.pdf>
- López, J. (2019). Entrevista personal con Jaime López.
- Kaza, Silpa; Yao, Lisa C.; Bhada-Tata, Perinaz; Van Woerden, Frank. 2018. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Urban Development; Washington, DC: World Bank. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317> License: CC BY 3.0
- Núñez Chacón. M. (2019). *Urge mayor gestión de residuos plásticos en Costa Rica*. Seminario Universidad Febrero, 2019, San José, Costa Rica
- Mauri. C. (2013). *Informe de Consultoría de Propuesta de marco político y plan de acción para promover el uso de residuos agrícolas orgánicos como fuente de energía en Costa Rica*. FITACORI. San José, Costa Rica.

- Planned Packaging. (18 de Setiembre de 2018). *5 ways cardboard recycling benefits the environment*. Recuperado de <https://www.ppoic.com/5-ways-cardboard-recycling-benefits-environment/>
- Plasticker. (2020). *Raw material & prices*. Recuperado de: [https://plasticker.de/preise/preise\\_monat\\_multi\\_en.php](https://plasticker.de/preise/preise_monat_multi_en.php).
- Porter, Michael. (2008). *Estrategia competitiva. Técnicas para el análisis de los sectores industriales y la competencia*. Grupo Editorial Patria, México. Recuperado de [https://www.academia.edu/24621661/ESTRATEGIA\\_COMPETITIVA\\_T%C3%A9nicas\\_para\\_el\\_an%C3%A1lisis\\_de\\_los\\_sectores\\_y\\_de\\_la\\_competencia](https://www.academia.edu/24621661/ESTRATEGIA_COMPETITIVA_T%C3%A9nicas_para_el_an%C3%A1lisis_de_los_sectores_y_de_la_competencia)
- Pro Carton. (2014). *PRO CARTON*. Recuperado de Packaging For A Better World: [https://www.procarton.com/publications-news/publications/?publication\\_type=glossary&lang=es](https://www.procarton.com/publications-news/publications/?publication_type=glossary&lang=es)
- PROCOMER. (2018). *PROCOMER*. Recuperado de <https://www.procomer.com/es/alertas-comerciales/mercado-de-empaques-corrugados-crecera-3-porciento-a-2023>
- Programa CYMA, ACEPESA. (2008). *Manual para la Elaboración de Planes Municipales de Gestión Integral de Residuos*. (PMGIRS) 1 ed. --San José, Costa Rica.
- Programa CYMA, ACEPESA. (2011). *Manual para la definición de un modelo tarifario para la gestión municipal de residuos sólidos*. —San José, Costa Rica.
- Programa CYMA, AMBERO-IP-CEGESTI. (2012). *Guía de interpretación de la metodología para la realización de estudios de generación y composición de residuos ordinarios*. San José, Costa Rica.
- Programa CYMA, Rolando Castro Córdoba (2012). *Ley para la Gestión Integral de Residuos No. 8839 del 13 de julio de 2010* (Anotada, concordada y comentada). San José, Costa Rica.
- Programa País Carbono Neutralidad 2.0 Oficial del Gobierno de Costa Rica. (2017). *Guía de implementación del PPCN 2.0 categoría cantonal* San José, Costa Rica.
- Proyecto ACCIÓN Clima II /GFA Consulting Group. (2018). *Elaboración de la propuesta de proyecto a financiar para una NAMA de residuos sólidos en Costa Rica*. Primer informe Situación de la Gestión de los Residuos Sólidos para la determinación de la NAMA residuos Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Rodríguez, J. (2019). Entrevista personal con Javier Rodríguez.
- Roston, E. (2019). *Bloomberg*. Recuperado de <https://www.bloomberg.com/quicktake/recycling-crisis>
- Scrapo. (2020). *Mercado de reciclaje de plásticos*. Recuperado de: [https://scrapo.com/?gclid=Cj0KCQiAjfwwBRckARIsAIqSWIMU81DLfOWE8MRt1N5moEYV4sx4OPkLaXcjBOZFNT1pkEEQUZLwvtoaAijsEALw\\_wcB=%20](https://scrapo.com/?gclid=Cj0KCQiAjfwwBRckARIsAIqSWIMU81DLfOWE8MRt1N5moEYV4sx4OPkLaXcjBOZFNT1pkEEQUZLwvtoaAijsEALw_wcB=%20)
- Poder Ejecutivo. (2019). *Reglamento proyecto de reglamento autónomo para el tratamiento integral de residuos ordinarios en el cantón de Pérez Zeledón*. Publicado en La Gaceta N° 182 del jueves 26 de setiembre del 2019. San José, Costa Rica

- Smalley, M. (22 de Octubre de 2019). *Recycling Today*. Recuperado de Working through the worst of times: <https://www.recyclingtoday.com/article/working-through-the-worst-of-recovered-paper-markets/>
- Scheinberg, A. (2011). Value Added: Modes of Sustainable Recycling in the Modernisation of Waste Management Systems. Thesis, Wageningen University, Wageningen. Países Bajos.
- Soffar, H. (2019). *Plastic recycling advantages and disadvantages*. Online Sciences. <https://www.online-sciences.com/industries/plastic-recycling-advantages-and-disadvantages/> Revisado, 20 enero 2020.
- Soliva M. 2011. *Guía para la recogida separada y gestión de la fracción orgánica*. España. Recuperado el 9 de enero del 2020 de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/gestion/sistema-tratamiento/Tratamientos-biologicos-biometanizacion.aspx>
- Turner, D. A., Williams, I. D., & Kemp, S. (2015). *Greenhouse gas emission factors for recycling of source-segregated waste materials*. Resources, Conservation and Recycling, 105, Parte A, 186-197. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.026>
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2019, Octubre). *Documentation for Greenhouse Gas Emission and Energy Factors Used in the Waste Reduction Model (WARM)*. *Documentation for Greenhouse Gas Emission and Energy Factors Used in the Waste Reduction Model (WARM)*, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Office of Resource Conservation and Recovery. Retrieved Octubre 13, 2019 from [https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-10/documents/warm\\_v15\\_management\\_practices\\_updated\\_10-08-2019.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-10/documents/warm_v15_management_practices_updated_10-08-2019.pdf)

#### Otras fuentes

<https://conceptodefinicion.de/protocolo-de-kioto/>

<https://www.recytrans.com/blog/reciclaje-de-residuos-organicos/>

## 5. Anexos

### Anexo 1. Encuesta para las empresas de cartón, plástico y residuos orgánicos

Nombre de la empresa:

Nombre de la persona entrevistada:

#### Sobre la historia

1. ¿Podría contarnos la historia o antecedentes de la empresa?
2. ¿Describa los principales hitos o momentos fundamentales de la empresa?
3. ¿Cómo han superado los principales obstáculos que se han presentado?
4. ¿Cuándo inició operaciones?

#### Sobre aspectos logísticos

5. ¿Puede describir cómo es la operación de comercialización de (plástico, cartón, orgánicos)? Por ejemplo si los proveedores deben llevar los residuos a la empresa, si se les paga al contado o no, cuál es el tiempo de pago, si tienen proveedores fijos o no...
6. ¿Cuáles son los requisitos para la compra de los residuos (plástico, cartón, orgánicos)?
7. ¿Cuál es el precio de compra?
8. ¿Podría describir a sus proveedores?
9. ¿Podría describir si la empresa posee algún tipo de políticas para los proveedores?
10. ¿Cómo es la relación comercial con sus proveedores? (por ejemplo si tienen contrato, si son relaciones de confianza).
11. ¿Cuáles son los productos y servicios que requiere su empresa para operar? Indicar cuáles productos y servicios los adquiere en el mercado local y cuáles en el mercado internacional.

12. Describa el perfil de las empresas o clientes que consumen los productos elaborados por su empresa.

### **Sobre aspectos financieros**

13. ¿Puede explicar cómo los precios internacionales afectan la operación de la empresa?

14. ¿Puede indicar el monto de la inversión realizada para iniciar operaciones?

Si  ₡ \_\_\_\_\_ No

15. ¿Puede indicar el monto de la inversión realizada en otros momentos en la empresa para mejorar la producción?

Si  ₡ \_\_\_\_\_ No

16. ¿Para iniciar operaciones la empresa tuvo necesidad de préstamos bancarios?

Si  ₡ \_\_\_\_\_ No  **(pase a la pregunta 18)**

17. ¿Del sistema financiero público o privado?

Sistema financiero público  Sistema financiero privado

18. ¿Podría indicar los costos anuales de operación y funcionamiento (incluyendo los costos directos e indirectos)?

Si  ₡ \_\_\_\_\_ No

19. ¿Podría indicar el costo de transformación (por ejemplo el costo de transformar un kilogramo o una tonelada de cartón, plástico o materia orgánica)?

Si  ₡ \_\_\_\_\_ No

### **Sobre otros aspectos**

20. ¿Qué elementos amenazan la competitividad de la empresa en la actualidad?

21. ¿Para la empresa es mejor exportar o vender en el mercado nacional? ¿Por qué?

22. ¿Cuáles son los retos que enfrenta la empresa para innovar?

23. ¿Cómo describe la existencia de la competencia para la operación de su empresa?

24. ¿Cuáles son los logros y las lecciones aprendidas de la empresa?

**Muchas gracias**

## Anexo 2. Estado de ejecución del plan de trabajo

Cuadro 15. Estado de ejecución del plan de trabajo

Actividad	Estatus	Actores involucrados	Acuerdo alcanzado	Descripción de acciones realizadas	Buenas prácticas identificadas	Barreras o dificultades	Observaciones	Medio de verificación (Informes, minutas, estudios u otros)
Análisis y evaluación para seleccionar los tres casos de estudio tipo Harvard. Esto mediante llamadas telefónicas y reuniones con actores claves	Finalizado	Representantes de las empresas seleccionadas	NA	Revisión de los informes anteriores Búsqueda de información general de cada uno de los materiales seleccionados. Entrevista a los actores claves para cada tipo de material seleccionado.	NA	NA	NA	Presente informe
Diseño del instrumento para la recopilación de la información.	Finalizado	Equipo consultor	NA	Se elaboró un cuestionario para obtener toda la información necesaria durante las entrevistas	NA	NA	NA	Documento adjunto en el presente informe
Visitas a los negocios seleccionados para recopilar la información.	Finalizado	Equipo consultor	Manejo discreto de la información	Se solicitan las citas en cada empresa mediante correo electrónico o llamada Se aplica el instrumento realizado	NA	Dificultad para conseguir la cita para entrevistar representante de la empresa Empaques Santa Ana. Dificultad para obtener detalle de costos y del monto de inversión de la tecnología		Fotografías Documentos con respuestas Correos electrónicos
Elaboración y presentación del entregable 3	Finalizado	Personas entrevistadas	NA	Elaboración del informe	NA	Las mencionadas anteriormente	NA	Presente informe