

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**MAPEO DE RESIDUOS SÓLIDOS AGROINDUSTRIALES EN LAS  
EMPRESAS EXPORTADORAS DE LA REGIÓN LAMBAYEQUE Y SU  
APROVECHAMIENTO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR**

**JACQUELINE TATIANA QUIJANO VASQUEZ**

**ASESOR**

**DIANA PECHE CIEZA**

<https://orcid.org/0000-0002-1787-9758>

**Chiclayo, 2021**

**MAPEO DE RESIDUOS SÓLIDOS AGROINDUSTRIALES EN  
LAS EMPRESAS EXPORTADORAS DE LA REGIÓN  
LAMBAYEQUE Y SU APROVECHAMIENTO**

PRESENTADA POR:

**JACQUELINE TATIANA QUIJANO VASQUEZ**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR:

Maximiliano Rodolfo Arroyo Ulloa

PRESIDENTE

Edith Anabelle Zegarra Gonzales

SECRETARIO

Diana Peche Cieza

VOCAL

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>4</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>5</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>6</b>
<b>Revisión de literatura.....</b>	<b>7</b>
<b>Materiales y métodos .....</b>	<b>9</b>
<b>Resultados y discusión .....</b>	<b>10</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>25</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>25</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>26</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>28</b>

## Resumen

El desarrollo de la agroindustria genera gran cantidad de residuos en las distintas etapas del proceso productivo, los que mayormente se eliminan sin previo tratamiento, ya sea por la deficiente capacidad tecnológica o altos costos que involucran su disposición final. La presente investigación tiene como propósito realizar el mapeo de residuos sólidos de las empresas agroindustriales en la región Lambayeque para su potencial aprovechamiento. Se realizaron visitas a las empresas, así también se revisó la información alojada en páginas web, se utilizó el software Arcgis para el mapeo geográfico de residuos y en base a revisión de bibliografía se propuso alternativas de aprovechamiento. Se determinó que las empresas generan alrededor de 93% de materia orgánica, de los cuales el 1% son vendidos; el material inorgánico comprende el 5% compuesto por plástico, cartón y fierro; además se diagnosticó que los residuos peligrosos oscilan alrededor del 1%. Se realizó el mapeo de residuos geográficamente, estos fueron distribuidos teniendo en cuenta su composición y lugar de generación. Además, se realizaron dos propuestas de aprovechamiento, la primera relacionada a la instalación de una planta que generaría 28 794 708 m<sup>3</sup> /año de biogás, el cual logra una reducción de 184 286 131 Kg de CO<sub>2</sub> anualmente; y la segunda es el aprovechamiento de envases agroquímicos que consta de dos momentos, el primero es el proceso realizado por parte de la empresa que consta de: almacenamiento primario, técnica del triple lavado, perforado e inspección final; en el segundo momento los campesinos de la zona recogen los residuos, los acopian y son compactados o triturados según estos lo requieran, finalmente son empacados y vendidos al cliente final que realizará el reciclaje.

**Palabras claves:** mapeo geográfico de residuos, residuos orgánicos, residuos peligrosos, biogás, técnica del triple lavado

## Abstract

The development of agribusiness generates a large amount of waste in the different stages of the production process, which is mostly eliminated without prior treatment, either due to poor technological capacity or high costs involved in its final disposal. The present research aims to carry out the mapping of solid waste from agro-industrial companies in the Lambayeque region for its potential use. Visits were made to the companies, as well as the information hosted on web pages was reviewed, the Arcgis software was used for the geographic mapping of waste and based on a review of the bibliography, alternatives for use were proposed. It was determined that companies generate around 93% of organic matter, of which 1% are sold; the inorganic material comprises 5% composed of plastic, cardboard and iron; In addition, it was diagnosed that hazardous waste is around 1%. The waste mapping was carried out geographically, these were distributed taking into account their composition and place of generation. In addition, two proposals for use were made, the first related to the installation of a plant that would generate 28 794 708 m<sup>3</sup> / year of biogas, which achieves a reduction of 184 286 131 Kg of CO<sub>2</sub> annually; and the second is the use of agrochemical containers that consists of two moments, the first is the process carried out by the company that consists of: primary storage, triple washing technique, perforation and final inspection; in the second moment, the peasants of the area collect the waste, collect it and are compacted or crushed as required, finally they are packed and sold to the end customer who will recycle.

**Keywords:** geographic mapping of waste, organic waste, hazardous waste, biogas, triple scrubbing technique

## Introducción

El sector Industrial peruano registró un crecimiento en exportaciones de 5,9% en el año 2018, dado que hubo un aumento del 12,7% y 3,5% de volumen físico tanto en el sector manufacturero primario y no primario, pues el desempeño logrado se debe al incremento de la demanda internacional. Asimismo, en el año 2019 la agro exportación tuvo un incremento de 28,7% y los productos de mayor comercialización fueron mangos, uvas y arándanos con una producción de 163 mil toneladas, 145 mil toneladas y 28 mil toneladas respectivamente [1]. Además, este sector contribuyó con un 2,4% al Producto Bruto Interno [2].

El Ministerio de Comercio Exterior y Turismo determinó que las exportaciones en la región Lambayeque crecieron 45% en el año 2018, este incremento fue producto de las grandes inversiones realizadas en el sector agropecuario, donde estas ascendieron 47%. Las empresas con mayor número de exportaciones fueron las dedicadas a la producción de palta y mango [3].

Lambayeque posee un clima uniforme y cuenta con más horas luz que otras regiones, estas ventajas son importante para el desarrollo de la agricultura y el establecimiento de empresas agroindustriales dedicadas la siembra de cultivos como: caña de azúcar, arándanos, uva, banano orgánico, limón, maracuyá, granada, palta, espárragos, alcachofa, paprika, pimiento, cebolla, entre otros [4]. Además, con la puesta en marcha del Proyecto de Irrigación Olmos ha permitido la instalación de 20 nuevas empresas agrícolas, quienes a octubre del año 2019 han sembrado 21 258 hectáreas de cultivos [5].

Sin embargo, el desarrollo de la agroindustria genera gran cantidad de residuos durante las distintas etapas del proceso productivo, los que muchas veces son eliminados sin previo tratamiento, ya sea por la deficiente capacidad tecnológica o altos costos que involucran su disposición final. En la memoria anual la empresa H2Olmos, Concesionaria del proyecto de Irrigación Olmos declara que, durante el año 2018 las empresas establecidas han generado 17,76 toneladas de residuos para disposición final con EPS-comunes y peligrosos y 5,87 toneladas de residuos reutilizables aprovechables y comercializados [6].

El Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba la Ley de gestión integral de residuos sólidos, afirma que en el país se tiene como primera finalidad la prevención o minimización de la generación de residuos sólidos en origen, frente a cualquier otra alternativa. En segundo lugar, la recuperación y la valorización material y energética de los residuos, entre las cuales se cuenta la reutilización, reciclaje, compostaje, coprocesamiento, entre otras alternativas siempre que se garantice la protección de la salud y del medio ambiente [7].

Ante esta problemática, en la presente investigación se pretende evaluar ¿En qué medidas el mapeo de residuos agroindustriales en las empresas agroexportadoras de la región Lambayeque contribuye en la evaluación de estos para su aprovechamiento?, para ello se planteó como objetivo general el realizar el mapeo de residuos sólidos de las empresas agroindustriales en la región Lambayeque para su potencial aprovechamiento. Los objetivos específicos fueron: Determinar la composición de residuos sólidos en las agroindustrias de la región Lambayeque; elaborar el mapeo de residuos sólidos en las empresas agroindustriales analizadas y proponer alternativas de aprovechamiento de los residuos sólidos generados.

Esta investigación contribuirá a las empresas agroindustriales de la Región a fin de proponer alternativas de aprovechamiento de los residuos generados, por lo tanto, la disminución de costos generados para la disposición final, y además de fomentar la responsabilidad social empresarial.

## Revisión de literatura

Los residuos sólidos son elementos, productos o subproductos, los cuales se encuentran en estado sólido, por ende, una vez culminado su vida útil están obligados a disponerse de acuerdo a los requerimientos establecidos de la normativa peruana, ya que estos de no ser manejados correctamente pueden perjudicar la salud de las personas y el medio ambiente. El sistema de disposición final de residuos se determina de acuerdo a las características que estos presenten [8]. Por lo tanto, para facilitar su disposición final, los residuos sólidos tienen una clasificación tal es el caso de los residuos peligrosos, son aquellos residuos que presentan características corrosivas, reactivas, tóxicas y explosivas, siendo estas las que perjudican la salud y el medio ambiente, es por ello que al terminar su período de utilización deben adoptar una forma distinta en el manejo de su disposición final, además de tomar en cuenta las medidas de protección para prevenir los riesgos que puedan traer consigo graves daños. Por otro lado, los residuos no peligrosos están comprendidos por aquellos elementos y sustancias que al tener un contacto directo no existen riesgos a la salud y al medio ambiente [8]. Así mismo, existe una diferenciación de residuos establecidos en la normativa peruana, es decir se refiere a los municipales y no municipales, dentro de este segundo tipo se encuentran, los residuos agroindustriales son elementos en estado sólido, que se generan desde la extracción hasta la transformación de la materia prima en el proceso productivo. Es así que estos residuos ya no son útiles en el proceso que los generó, pero que pueden ser aprovechados para la generación de un nuevo producto [9]. Por lo tanto, es necesario que exista una herramienta de geolocalización para ser reconocidos fácilmente, tal es el caso del mapeo de residuos, que es una herramienta para determinar el lugar donde se originan los residuos y así conocer la composición de estos. El mapeo o también llamada herramienta de ubicación tiene como objetivo brindar datos de manera específica para realizar un inventario de residuos teniendo en cuenta cantidad, clasificación y lugar de procedencia [10]. Una vez obtenida la información de la composición de residuos y el lugar de ubicación, es importante ser evaluados para darles un valor agregado previo a su disposición final, en otras palabras, desarrollar procesos de aprovechamiento de residuos, que en definición es establecer una relación positiva entre empresa y medio ambiente, de tal modo que el cuidado y conservación de este prevalezca, es decir ver la forma de establecer oportunidades en la empresa como tal. Es así que este proceso incide básicamente con la utilización racional de materiales. Además, identificar residuos agroindustriales y cuantificados desde la siembra hasta su comercialización, ya que la finalidad del proceso como tal es transformar los residuos generados en un nuevo producto, otorgándole un valor agregado mediante alternativas tecnológicas para generar ingresos adicionales a las agroindustrias [11]. Una forma de aprovechar los residuos sólidos orgánicos, provenientes de las agroindustrias, es a partir de la producción de biogás a partir de los mismos; siendo este una combinación de gases y está constituido principalmente por gas metano y bióxido de carbono, la obtención natural del biogás es importante en el ciclo biogeoquímico del carbono. Cabe resaltar que la energía almacenada en el biogás está compuesta por 41% de energía eléctrica, 41% de energía térmica y 18% de otras; por lo tanto, puede ser utilizado para la generación de energía térmica (calderas) o eléctrica (motores) [12]. Dentro del proceso productivo para la obtención del biogás una etapa clave es el proceso de la digestión anaeróbica consta de 4 etapas o pasos. La hidrólisis, es la primera fase donde las moléculas como almidón, polímeros, proteínas y grasas son divididas en unidades simples (azúcares, ácidos grasos, aminoácidos). En la segunda etapa, que es la acidogénesis, las unidades simples se transforman en ácidos grasos de cadena corta, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e hidrógeno (gas). La tercera fase acetogénesis se forman los ácidos orgánicos donde lentamente comienza la metanogénesis, es decir la cuarta fase aquí se forma el metano (biogás – 70%) a partir del acetato, así como un 30% de  $\text{CO}_2$  [13]. El origen de los bonos de carbono surge a partir de la actividad humana

(transporte, alimentación, diversión, entre otras), así como también las empresas que generan las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) o también llamada huella de carbono, a partir de ello surge los llamados bonos de carbono, ya que de manera voluntaria a través de proyectos que disminuyen la emisión de gases al ambiente, pudiendo así reducir el calentamiento global [14].

Visto las bases teóricas referentes a la investigación, vamos a empezar hablar de los antecedentes.

Gonzales en su investigación “Desarrollo e implementación de una metodología para el levantamiento de un inventario de residuos agroindustriales en Bolívar, con miras a su aprovechamiento en procesos biotecnológicos”, analizó la situación actual de las empresas agroindustriales de Bolívar, donde se logró cuantificar la cantidad de residuos agroindustriales. Para definir la investigación se optó por trabajar con los residuos más resaltantes de las empresas en estudio, entre ellos destacan los residuos provenientes de maní, algodón, ajonjolí, girasol, frutas frescas, vegetales y granos. Se llegó a determinar, de acuerdo a su composición que los residuos pueden ser usados para la elaboración de harinas, pellets de biomasa residual, concentrados de animales, compostaje, fabricación de papel, colchones, crema para zapatos, tinta de imprenta y en la industria textil [9].

Rojas, Flórez y López en la investigación “Prospectivas de aprovechamiento de algunos residuos agroindustriales”, plantearon posibles alternativas de aprovechamiento para 19 residuos generados en la agroindustria colombiana, es por ello que analizaron la caracterización fisicoquímica de estos. Los residuos evaluados fueron cáscara de maracuyá, plátano, piña, aguaymanto y uva; además semillas de naranja, mandarina y uva; por último, borra de café. Finalmente, de acuerdo al análisis realizado se determinó que los residuos con menos del 8% de humedad pueden ser utilizados como combustible o generadores de vapor; los residuos con alto contenido de celulosa pueden ser utilizados como insumo en la industria de papel y textil o para la obtención de éteres y ésteres usados en la industria farmacéutica, alimenticia y detergentes; por último, los residuos también pueden ser aprovechados en la obtención de alcoholes [15].

Yepes, Montoya y Orozco en su investigación “Valorización de residuos agroindustriales – frutas – en Medellín y el sur del valle del Aburrá, Colombia”, obtuvieron información acerca de la cantidad y tipos de residuos generados en el sector agroindustrial. Al tenerlos identificados se realizó una caracterización físico- química de los residuos más llamativos y con los que se pueda establecer alternativas de valorización; es por ello que se pueden aprovechar para la producción de combustible, compostaje, elaboración de productos químicos entre ellos: pectinas y flavonoides, producción de hongos comestibles y cáscaras confitadas. Además, con los datos recolectados en un inicio se diagnosticó que se puede contar con una planta de aprovechamiento que tenga una capacidad de 9 a 375 t/mes [16].

Peñaranda, Montenegro y Giraldo en su investigación “Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia”, se diagnosticó que, en países como Colombia, donde tienen al sector agrícola como una de las principales actividades económicas, se producen alrededor de 71 943 813 t/año de residuos provenientes del procesamiento de productos como: café, aceite, caña de azúcar, maíz, arroz, plátano y mango; dado que la mayor parte de estos residuos son incinerados o llevados a rellenos sanitarios, llegaron a determinar que gracias a su composición y características que estos presentan, pueden ser aprovechados o valorizados en la producción de glicerol, para la generación de bioenergía, biogás, biodiesel, bioetanol; en la obtención de sílice, como material suplementario del cemento; en la producción de compostaje, alimento para animales, producción de papel y complemento para la elaboración de pectina, fibra, aceites [17].

En su investigación “Bioenergía: Análisis regional del aprovechamiento integral de los residuos de la industria agropecuaria”, diagnosticaron 28 millones de toneladas de residuos sólidos, provenientes de industrias azucareras, cerveceras, lácteas y aceites. Esta investigación analizó los porcentajes de residuos en México, donde la región de Golfo de México (Veracruz) y la región Occidente (Jalisco) generan el 39% y 22% de bagazo de caña de azúcar respectivamente a nivel nacional. Por otro lado, esta última región concentra también el 25% de bagazo de cerveza y el 47 % de residuos sólidos originados de la producción de lácteos y aceite. Así mismo, este proyecto muestra el mapa con la distribución de los residuos agroindustriales en las regiones potenciales de México. Finalmente se recomienda el uso de generación de energía mediante la combinación de residuos para aumentar la capacidad de bioenergía, así mismo la obtención de materiales alternativos para la construcción de viviendas y obtención de polímeros [18].

## **Materiales y métodos**

La investigación fue de tipo descriptiva, se utilizó datos encontrados en informes, memorias anuales e información brindada por las empresas exportadoras agroindustriales de Lambayeque, con el fin de lograr el desarrollo de la investigación. Cabe resaltar que el estudio es realizado a partir de información brindada por 6 empresas agroexportadoras de la región Lambayeque, es por ello que los datos recolectados nos ayudan a lograr un diagnóstico de las mismas.

A fin de obtener información de la composición de residuos sólidos, en primera instancia, se realizó una visita técnica a 3 empresas agroindustriales del departamento de Lambayeque, donde se entrevistó a los encargados del área de manejo de residuos, esta con la finalidad de conocer acerca de la gestión de estos. Entre los datos solicitados, se registró información general de la empresa, tipos y clasificación de residuos, almacenamiento, fuentes generadoras, cantidad generada, manejo y disposición final. Esta información fue ingresada en las hojas de registro (**Anexo N° 1**). También se revisó los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental de empresas agroexportadoras alojados en la página web del Ministerio de Producción, además de información de las memorias anuales. Finalmente, luego de haber recogido esta información se determinó los porcentajes de composición de residuos sólidos generados en las empresas teniendo en cuenta la clasificación determinadas por las mismas.

Para realizar el mapeo de los residuos sólidos agroindustriales, se utilizó una de las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), en este caso se ha optado por el software Arcgis, que a través del ingreso de las coordenadas UTM WGS 84 permitió geolocalizar la zona en la cual se encuentran ubicados los diferentes residuos de las empresas evaluadas; cabe resaltar que para conocer la ubicación exacta de las empresas se utilizó el programa informático Google Earth, donde se ingresaron los nombres de las empresas, allí se obtenía su localización por ende su coordenada UTM, esta permitía referenciar el mapa para luego capturar la imagen y finalmente ser compartida en el Arcgis con el fin de realizar la geolocalización. En el proyecto de investigación se decidió trabajar un mapa de distribución por cada tipo de residuo, mediante una clasificación previa y con un color característico que los diferencie, obteniendo como resultado final un mapa que permita identificar el lugar donde están ubicados los mismos y que lugares de referencia se encuentran cerca a ellos.

La propuesta de alternativas de aprovechamiento fue elaborada a partir de información obtenida de fuentes confiables mediante artículos de investigación y estudios realizados anteriormente, cabe resaltar que las alternativas de valorización planteadas dependieron de la composición de residuos teniendo en cuenta la segregación y los porcentajes generales de estos, así como la realidad del contexto que engloba dicha zona agroexportadora.

## Resultados y discusión

### Composición de residuos sólidos en las empresas agroexportadoras

Las exportaciones de Lambayeque en el año 2018 estuvieron valorizadas en US\$ 227, 5 millones, siendo las principales empresas agroexportadoras Gandules INC, Agribands Purina Perú, HFE Berries Perú, Agroindustria AIB, Plantaciones del Sol, Empresa agrícola San Juan, Agrovisión Perú, Complejo Agroindustrial Beta y Quicornac. Los productos agrícolas cultivados, procesados y comercializados en la región son pimiento, caña de azúcar, limón, arándano, maracuyá, uva, espárragos, palta, mango, frijoles y plátano. La economía de la región Lambayeque es impulsada mediante el comercio y la agroindustria; además es considerada como el primer productor de pimientos (77%) y el segundo de caña de azúcar (26%), arroz (13%), mango (16%), limón (19%) y arándano (20%) [3].

Las empresas agroindustriales tienen como principales mercados para su exportación a países como Estados Unidos, Países Bajos, Ecuador, Reino Unido, Alemania, Bélgica, España, Canadá, Puerto Rico y China. Las principales empresas agroexportadoras se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Principales empresas agroexportadoras de Lambayeque 2018

Empresa	Producto	Ubicación
Gandules Inc SAC.	Chili verde, jalapeños, cerezas, mango, y gandul	Fundo La Viña - Jayanca
Agroindustrias AIB SA.	Espárragos, pimientos, limones, maracuyá y mangos.	Fundo Motupe 14200
HFE Berries Perú SAC.	Arándanos, fresa, frambuesa, moras	Fundo El Algarrobal Olmos
Plantaciones del Sol SAC.	Uva y palta	Car. Antigua panamericana norte Km. 37
Empresa Agrícola San Juan	Uva	Carretera a Chongoyape Km. 56
Agrovisión Perú SAC.	Arándano, uva de mesa, espárrago y palto	Ramal Sur, Olmos.
Complejo Agroindustrial Beta SA.	Granada, arándano, espárrago, palta, uva.	Car. Antigua Panamericana Norte Km. 39, 5
Quicornac SAC.	Maracuyá, mango	Av. Panamericana norte, Km 2.5 Olmos
Pronatur SAC	Banano, mango, maracuyá, palta, jengibre	Mza. K Parque Industrial - Chiclayo
Promotora y Servicios Lambayeque SAC	Cocos y uva	Carretera Panamericana Norte Km 37 - Jayanca.
V&F SAC.	Pimiento, mango, arándano, banana	Car. Panamericana Norte Km. 776
Frutos Tongorrape	Mango congelado, aguacate, aguaymanto, concentrado de jugo de maracuyá	Tongorrape - Lambayeque

Agrícola Pampa Baja	Uva de mesa, palta, granada y mandarina	Olmos - Lambayeque
Procesadora Perú SAC	Mango, frijol de palo, banano, maracuyá, arándanos azules, palta, fresa.	Calle B – Mz D- lt 09 – Parque Industrial, Chiclayo.
Negociación Agrícola Jayanca SAC	Pimiento, paprika, paprika molida	Jayanca
Agrícola BGS SAC.	Palta, uva, mandarina, limón, café	Sancarranco / Jayanca – Lambayeque

Fuente: Gerencia Regional de Lambayeque [19].

Las empresas agroexportadoras de la región Lambayeque generan grandes cantidades de residuos sólidos provenientes de las diferentes áreas que estas tienen, es por ello que se rigen de acuerdo a la Ley de Gestión Integral de residuos sólidos y la Ley general del Ambiente para llevar a cabo los procedimientos de manejo ambiental, con el fin de realizar un adecuado manejo de residuos sólidos, teniendo en cuenta los diferentes tipos de residuos, las características del área donde son generados, el sistema de recolección, almacenamiento temporal, transporte y disposición final.

### Clasificación de residuos

Las empresas evaluadas segregan los residuos de acuerdo a sus características, esto con la finalidad de identificar completamente al tipo de residuo contenido, es por ello que cuentan con cilindros distribuidos en todos los ambientes de las empresas, cada uno de estos pintados de los colores específicos que definen su clasificación y separación, para facilitar su recolección y disposición final.

Tabla 2. Clasificación de los residuos sólidos en las empresas agroexportadoras

Residuos	Tipo	Clasificación por color
Orgánicos	Residuos orgánicos	Marrón
	Papel y cartón	Azul
Inorgánicos No peligrosos	Plásticos	Blanco
	Residuos metálicos	Amarillo
	Vidrios	Verde
	Residuos generales	Negro
Inorgánicos Peligrosos	Aceites, grasas, fluorescentes, pilas, tóner, baterías, material clínico	Rojo

Fuente: Las empresas agroexportadoras evaluadas.

### Registro de los residuos generados

Las empresas agroexportadoras evaluadas elaboran un registro de los residuos sólidos generados (**Anexo N°2**), teniendo en cuenta una clasificación impuesta por ella misma de acuerdo a las características que estos presentan.

La cuantificación de los residuos en las empresas se realiza de manera periódica, ya sea cada 15 días o de manera mensual. Además, estos registros son reportados anualmente en la Declaración de manejo residuos sólidos que realiza cada una de ellas.

### Almacenamiento de residuos

El almacenamiento de residuos se realiza teniendo en cuenta su naturaleza (física, química y biológica), características de peligrosidad, incompatibilidad con otros residuos y la forma en como estos reaccionen en el espacio de su almacenaje.

Los almacenes temporales para residuos inorgánicos y orgánicos están cercados, y en el interior de estos cuenta con señalización que permita realizar de manera correcta tanto el acopio como la separación de residuos. Los residuos peligrosos, se encuentran almacenados en un ambiente cerrado y distante de las diferentes áreas de la empresa, cabe resaltar que se almacenan residuos peligrosos como: envases de fertilizantes y pesticidas, aceites usados, trapos industriales; cabe resaltar que los residuos peligrosos (Plásticos de pesticidas) antes de ser llevados por la empresa operadora pasan por la técnica del triple lavado, ya que de no ser así puede provocar focos de contaminación, ocasionando intoxicaciones tanto al hombre como a animales.

Por otro lado, las empresas cuentan con personal que realizan las operaciones dentro de esta área, los mismos que utilizan su equipo de protección personal (EPP) obligatorio, se usa casco, botas, mandil, mascarilla y lentes.

### Fuentes de generación de residuos

Las empresas agroexportadoras evaluadas presentan áreas similares, es por ello que se obtuvo este cuadro resumen donde se detallan los residuos generados por cada una de estas.

Tabla 3. Residuos generados de acuerdo a las áreas de las empresas

Áreas	Actividad	Residuos generados		
		Peligrosos	Orgánicos	Inorgánicos
Oficinas	Impresiones		Papel usado	
Riego y Fertiiego	Dosificación de agua a campos de cultivo	Envases de fertilizantes		
Mantenimiento	Mantenimiento de maquinaria		Caucho Madera	Plástico Chatarra
	Mantenimiento del área de cultivo			Tuberías de riego Alambres Herramientas malogradas
Cultivos	Cultivo y cosecha		Residuos vegetales Fruta	Envases plásticos Restos de burbupack
Almacén de agroquímicos	Preparación y entrega de insecticidas y fertilizantes	Envases de plaguicidas EPP en mal estado		
Almacén general de suministros	Entrega de materiales		Cartón Papel	Tuberías rotas Plásticos
Comedor	Preparación y reparto de alimentos		Restos de comida	Latas vidrio Papel Cartón Botellas de plástico

Fuente: Las empresas agroexportadoras evaluadas.

### *Generación y composición de residuos*

En el estudio de investigación las empresas evaluadas facilitaron información acerca de los residuos sólidos y las cantidades que estas generaban, por otro lado, se visitó páginas web para complementar la información requerida.

Para observar la información del registro de cantidades de residuos en las empresas evaluadas revisar (**Anexo N°3**). Así mismo se muestra la cantidad total de residuos y el porcentaje que representa cada uno.

Tabla 4. Cantidad total de residuos clasificados y su porcentaje (Kg)

Residuos orgánicos aprovechables	1 606 850,3	93%
Residuos peligrosos	5 605	1%
Residuos inorgánicos	79 519	5%
Residuos orgánicos vendidos	20 230	1%
Cantidad total de residuos	1 712 204,3	100%

Fuente: Elaboración propia

### *Disposición final*

En las empresas evaluadas, la disposición final de los residuos lo realizan teniendo en cuenta la clasificación de estos, a continuación, se muestra la manera de cómo se realiza la disposición final de residuos de acuerdo al tipo de residuo.

Tabla 5. Disposición final de los residuos de acuerdo a sus características

Tipo de residuo	Disposición final
Peligrosos	Fuera del área de la empresa mediante una EPS-RS o EO-RS autorizada por DIGESA y/o MINAM.
No peligrosos	Fuera de la empresa en un relleno Sanitario, previa autorización del Municipio.
Orgánico	- Fuera de la empresa en un relleno Sanitario, previa autorización del Municipio. - Dentro de la empresa, para la fabricación de compostaje

Fuente: Las empresas agroexportadoras evaluadas.

Cabe resaltar que las empresas operadoras de residuos en la región Lambayeque están obligadas a ser inscritas en el Ministerio del ambiente para poder prestar el servicio a las agroexportadoras. A continuación, se presenta la relación de empresas operadoras autorizadas en realizar dicha función.

Tabla 6. Empresas operadoras de residuos sólidos en la región Lambayeque

Empresa	Ubicación	Operaciones autorizadas	Manejo de tipo de residuos
Asesores ecológicos San Lorenzo	Reque	Barrido y limpieza de espacios públicos; Recolección y transporte	Clase A, B y C
Cermipret SAC	José Leonardo Ortiz	Recolección y transporte	Clase A, B y C
Multiservicios Mapesa SRL	Chiclayo	Recolección y transporte	Clase A, B y C
Grupo Núñez Vigo SAC	José Leonardo Ortiz	Recolección y transporte	Clase A, B y C
Comercializadora Exportadora INBC SRL	José Leonardo Ortiz	Recolección y transporte	Clase C
Ecovive SAC	José Leonardo Ortiz	Barrido y limpieza de espacios públicos; Recolección y transporte	Clase C
Orko ingenieros SAC	San José	Barrido y limpieza de espacios públicos; Recolección y transporte	Clase A, B y C
Negocios y transportes en general Rodas EIRL	José Leonardo Ortiz	Recolección y transporte	Clase C

Descripción: Clase A: Biocontaminados; Clase B: Especiales; Clase C: Comunes

Fuente: MINAM [20].

Tabla7. Costos generados por residuos peligrosos en las agroexportadoras

Empresa	Residuos	Cantidad mensual / t	Precio/ t	Precio total en soles
E 1	Envases de agroquímicos	1,5	2400	3600
E2	Envases de agroquímicos	2,9	2400	6955.2
E3	Envases de agroquímicos	1,2	2400	2896.8
Total		5,6	-	13452

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7. se detalla los costos generados en la disposición final de los residuos peligrosos generados en 3 de las empresas agroexportadoras evaluadas, cabe resaltar que el precio fue consultado en la empresa ECOVIVE – SAC.

#### *Acciones para el manejo de residuos sólidos en las empresas*

Las empresas agroexportadoras evaluadas realizan diferentes acciones, para poder valorizar algunos residuos sólidos.

Tabla 8. Técnica de valorización de residuos implementadas en las empresas agroexportadoras

Clasificación de residuos	Tipos de residuo	Técnica
Residuos orgánicos	Frutas, vegetales y restos de comida	Compostaje o eliminación en el relleno municipal
	Madera	Venta para reciclaje
Residuos inorgánicos	Chatarra, cartones y plásticos	Venta para reciclaje
Residuos peligrosos	Envases agroquímicos	Dispuestos por una empresa operadora

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 8. Se muestran las técnicas de valorización para los residuos sólidos, estas son dadas por las mismas empresas para contribuir en el compromiso ecoamigable que tienen con el medio ambiente.

### Distribución de los residuos agroindustriales localizados en la región Lambayeque

En los siguientes mapas se han identificado y distribuido los diferentes residuos agroindustriales de las empresas agroexportadoras evaluadas en la región Lambayeque, esta herramienta tiene como finalidad tener un panorama acerca de ellos, es decir tener una georreferenciación para luego ver de qué manera se pueden aprovechar, dar un valor agregado o implementar algún plan en la comunidad, por lo tanto, lograr su correcta disposición final.

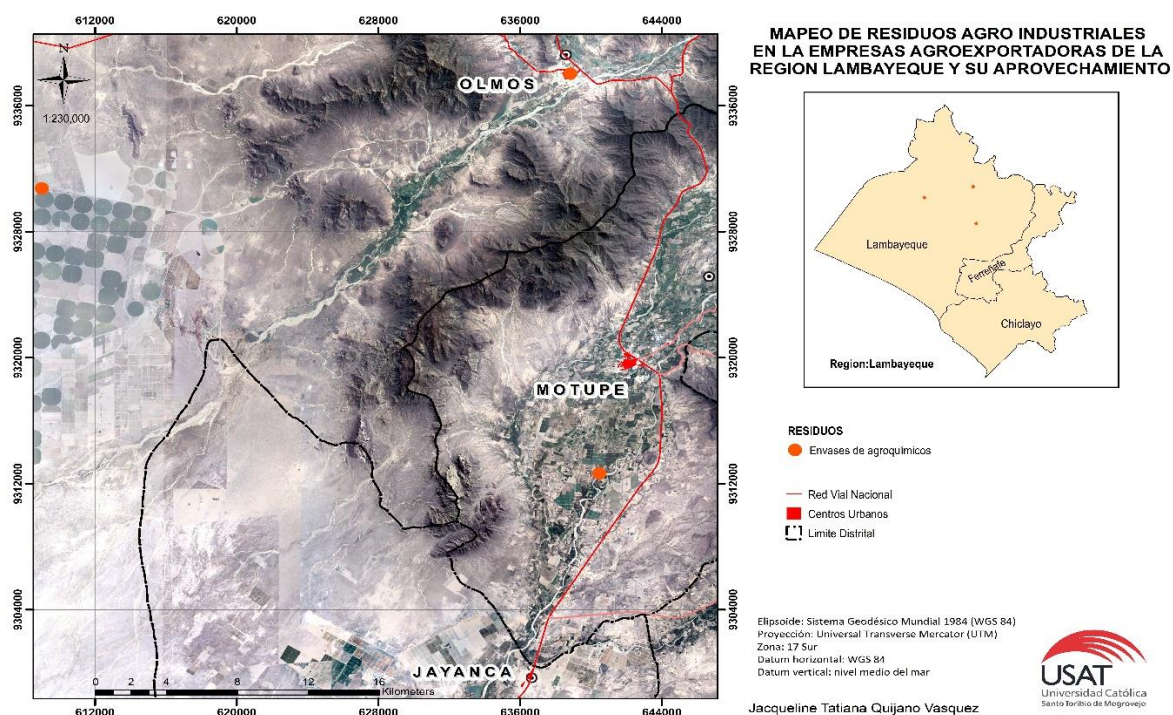


Figura 1. Mapa de los residuos peligrosos de las empresas agroexportadoras evaluadas en la región Lambayeque

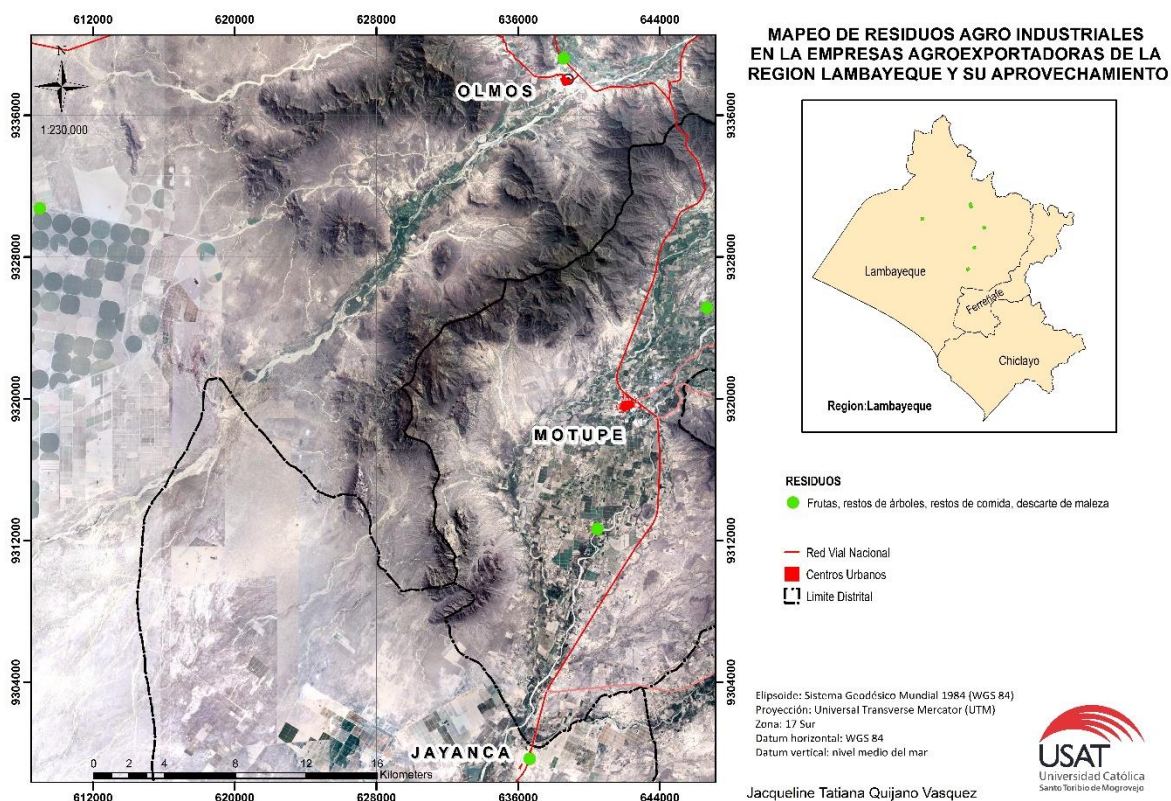


Figura 2. Mapa de los residuos orgánicos de las empresas agroexportadoras evaluadas en la región Lambayeque

De la misma manera se realizó el mapeo para el resto de residuos agroindustriales que serán puestos en el Anexo 4.

## Propuestas de aprovechamiento

### *Obtención de Biogás a partir de residuos orgánicos*

Actualmente las agroindustrias evaluadas tienen 2 formas al disponer sus residuos orgánicos, la primera a través de empresas operadoras quienes disponen los residuos en vertederos municipales, o también son vendidos a los pobladores de la zona para usarlos como alimento en animales de granja.

Los residuos orgánicos de acuerdo a las características que presentan favorecen la creación de un sistema cerrado en favor de la sustentabilidad; por ejemplo, poseen un gran potencial para la producción de metano, creando fuentes locales de energía como biocombustibles o la obtención de biogás. Por otro lado, pueden ser utilizados para la producción de compostaje en la recuperación de suelos o en la obtención de productos farmacéuticos, cosméticos y alimento de animales [21].

En esta investigación se propone aprovechar los residuos orgánicos para la producción de biogás, ya que es un tratamiento donde se utilizan los restos de frutas y de comida en la obtención de energía y biofertilizante. Cabe resaltar que por 1 tonelada de residuos orgánicos se puede obtener entre 300 a 800 m<sup>3</sup> de biogás [12]; por lo tanto, se impulsará la producción de energía renovable a partir de residuos de la industria agroalimentaria además de tener un bajo costo energético en comparación con la alta eficiencia lograda.

## Aspectos generales sobre sustratos

Tabla 9. Características generales presentes en los sustratos

Sustrato	Sólidos totales (ST)	Sólidos Volátiles (SV)	Rendimiento de biogás m <sup>3</sup> /Kg SV		Fracción de metano
	[%]	[%ST]	Mínimo	Máximo	[%]
Residuos de industria alimentos	20-25	80-98	0,32	0,80	60

Fuente: Guía de Planificación para proyectos de Biogás en Chile [22].

En la tabla 9. se ha especificado las características de los residuos orgánicos, los cuales actuarían como sustratos en la obtención de biogás; según la Guía de Planificación para proyectos de Biogás en Chile, se dice que la cantidad de sólidos totales varía del 20 al 25 % del total de residuos sólidos, por el contrario, en el caso de los residuos sólidos volátiles oscilan entre el 80 al 98% del total. Siendo estos porcentajes los que ayudan hallar la velocidad de la carga orgánica y los m<sup>3</sup> de biogás producido en un período de tiempo.

### Descripción del proceso

#### *Traslado de materia prima*

Las empresas agroexportadoras trasladan sus residuos sólidos orgánicos a un centro de acopio cercano, para ser usados en la obtención de biogás, cabe resaltar que esta etapa se realiza a través de los vehículos de la empresa productora de biogás.

#### *Recepción de materia prima*

Los residuos sólidos son recibidos y a la vez pasan por una inspección de calidad para verificar que no exista otro tipo de residuo que impida o altere el proceso, esto se dará en la parte exterior de la planta productora de biogás.

#### *Mezclado de residuos*

Los residuos ingresan al tanque mezclador teniendo en cuenta las cantidades requeridas por la planta, el proceso se realiza mediante un agitador los materiales se mezclan para obtener un sustrato homogéneo, este paso se repite periódicamente.

#### *Filtrado*

Es la parte del proceso mediante el cual se elimina cualquier impureza que impida el proceso de fermentación.

#### *Digestión anaeróbica*

Es la etapa donde ingresan los residuos orgánicos al biodigestor completamente cerrado para darse la digestión anaeróbica, es aquí donde las bacterias empiezan a descomponer los elementos insertados y como resultado obtenemos biogás.

#### *Tratamiento de remoción de sulfuro*

El biogás obtenido presenta contaminantes por este motivo se inyectan pequeñas cantidades de oxígeno atmosférico mediante un impulsor, para luego pasa por un filtro de carbón activo y así poder eliminar el sulfuro de hidrogeno que pueda quedar tras la desulfuración.

Finalmente, el biogás se quema en el CHP que ha sido desarrollado exclusivamente para su uso como biogás de este modo se genera electricidad y calor. Por otro lado, se produce el digestato, que es materia sobrante y puede ser usado como abono de alta calidad para los sembríos de las mismas agroindustrias.

#### Parámetros de evaluación en el Biodigestor

En esta parte del proceso se consideran los siguientes aspectos:

##### *Nivel de pH*

Los microorganismos encontrados en la digestión anaeróbica deben presentar los siguientes niveles de pH.

Tabla 10. Parámetros del pH dentro del biodigestor

Etapa de la digestión anaeróbica	pH óptimo
Acidogénica	5,5 - 6,5
Metanogénica	6,8 - 7,4

Fuente: Guía de Planificación para proyectos de Biogás en Chile [22].

##### *Temperatura*

Es un parámetro importante ya que determina la eficiencia del proceso de digestión anaeróbica; la planta de biogás trabajará en el rango mesofílico (32°C a 42°C medio grado de actividad bacteriana), además brinda la estabilidad en el proceso [22].

##### *Velocidad de carga orgánica*

Es un parámetro que indica la cantidad de materia orgánica que será suministrada en el reactor, por unidad de tiempo(día) y por unidad de volumen (m<sup>3</sup>) [23]. Se define como:

$$VCO = \frac{kgSV}{m^3d}$$

Cantidad de residuos sólidos/mes = 4 284 934 kg/mes

$$\%SV = 98\% \quad ST = 4199235,32$$

$$VCO = \frac{kg SV}{m^3d} = \frac{4199235,32 kg}{30dm^3}$$

$$VCO = 139974,510 \text{ kg/m}^3d$$

##### *Tiempo de retención de sólidos*

La FAO [24] en el "Manual del Biogás", indica que el TRS es un parámetro que indica el tiempo aproximadamente en que los sólidos permanecen en el reactor. El tiempo varía entre 15 a 20 días en la digestión mesofílica y entre 5 a 15 días para la digestión termofílica.

$$TRS = 35 \text{ días}$$

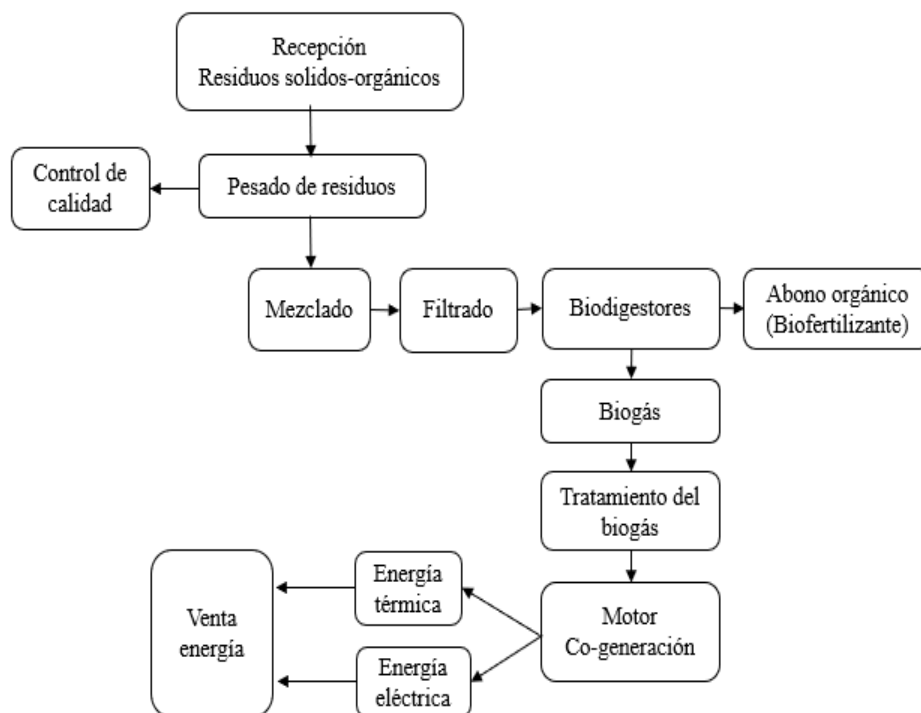


Figura 3. Esquema del proceso para la obtención de Biogás

Fuente: Elaboración propia

### Cálculos de carga y capacidad en función de la materia prima

#### *Rendimiento de biogás*

$$\text{Rend. de biogás en la industria de alimentos} = 0,56 \frac{m^3}{kg} \text{ SV}$$

$$\text{Rend. de biogás/mes} = 0,56 \frac{m^3}{kg} * 4\,284\,928 \frac{kg}{mes}$$

$$\text{Rend. de biogás/ día} = 79\,985 \frac{m^3 \text{ de biogas}}{dia}$$

$$\text{Rend. de biogás/ mes} = 2\,399\,559 \frac{m^3}{mes} \text{ de biogás.}$$

$$\text{Rend. de biogás/ año} = 28\,794\,708 \frac{m^3}{año} \text{ de biogás.}$$

#### *Mercado de productos y subproductos*

La producción de biogás a partir de los residuos de las empresas agroexportadoras de Lambayeque generará los siguientes productos:

#### *Biogás*

En esta investigación se propone la venta de biogás para utilización industrial/residencial, es decir será vendido en forma de vapor o electricidad.

#### *Biofertilizantes*

La empresa tendrá dos líneas para la venta de biofertilizante por retail o también para las grandes empresas de la zona agrícola y agricultores, a la vez puede realizar un benchmarking

con empresas ya posicionadas en el mercado para lograr su reconocimiento como tal. Por otro lado, en un estudio realizado se determinó que el precio de venta del producto tiene un valor menor a 0.46 soles/Kg en comparación con los productos ya establecidos en el mercado.

### Bonos de carbono

Las empresas agroexportadoras de la región Lambayeque al producir Biogás pueden capitalizar la reducción de emisiones por la producción de energía limpia, es decir vender los bonos de carbono los cuales se calculan teniendo en cuenta lo siguiente:

*Reducción de emisión de CO<sub>2</sub>: Calcular la reducción de emisiones en toneladas de CO<sub>2</sub>*

$$\text{Kg CO}_2 = (\%CH_4) * (\text{DensidadCH}_4) * (\text{KgCO}_2 \text{ por combustión de 1 kg CH}_4) \\ + (\%CO_2) * (\text{DensidadCO}_2)$$

$$\text{Densidad CH}_4 = 0,65 \text{ Kg/m}^3 \text{ [23]}$$

$$\text{Densidad CO}_2 = 1,8 \text{ Kg/m}^3$$

Además, la fracción de CH<sub>4</sub> en la producción de biogás a partir de residuos de frutas es 60% y 40% de CO<sub>2</sub> por cada Kg de CH<sub>4</sub> en combustión se producen 2,75 Kg de CO<sub>2</sub>.

$$\text{Kg CO}_2 = (0.60) * (0,65) * (2,75) + (0.40) * (1,8)$$

$$\text{Kg CO}_2 = 1,7925 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Interpretación: Quiere decir que las emisiones de CO<sub>2</sub> por la combustión del biogás son 1,793 5 Kg/m<sup>3</sup>.

### *Reducción emisión de CH<sub>4</sub>*

Debido a la combustión del biogás se desplazan las emisiones de CH<sub>4</sub> por emisiones de CO<sub>2</sub>.

$$\text{CO}_2 \text{equivalente} = 21 * (\text{DensidadCH}_4) * (\text{m}^3 \text{ CH}_4)$$

$$\text{CO}_2 \text{equivalente} = 21 * 0.65 * 0.60$$

$$\text{CO}_2 \text{equivalente} = 8,19 \text{ Kg /m}^3$$

### Interpretación

Quiere decir que por cada m<sup>3</sup> biogás que se utilice para la combustión de 60 % de metano, sería equivalente a 8,19 Kg/m<sup>3</sup> de emisiones de CO<sub>2</sub>

Por lo tanto, se determina que por cada m<sup>3</sup> de biogás que se utilice para la combustión o producción de energía, significará una reducción de 6,40 Kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> emisiones equivalente emitido y la reducción por el reemplazo de las emisiones de metano.

$$\text{Reducción de KgCO}_2 = 28\,794\,708 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} * 6,40 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{m}^3}$$

$$\text{Reducción de KgCO}_2 = 184\,286\,131,2 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{año}}$$

### *Manejo adecuado de residuos peligrosos*

En el diagnóstico realizado a las empresas agroexportadoras de la región Lambayeque se determinó que uno de los grandes problemas presentes en estas, es el costo generado a partir de la disposición final de residuos sólidos peligrosos comprendidos por los recipientes de

agroquímicos. Según la empresa ECOVIVE SAC el costo de disposición final de residuos peligrosos en el relleno sanitario ubicado en Talara es de 2400 soles/tonelada incluido el IGV.

Las cantidades de residuos peligrosos generados por las empresas agroexportadoras oscila entre 1200 a 3000 Kg/mes por cada una, siendo estos detallados (**Anexo N° 3**).

La propuesta para la disposición final de residuos peligrosos es el reciclaje, el cual consta de dos momentos uno dentro de la empresa y el otro por parte de los agricultores de la zona agrícola, para definir a los pobladores que realizarán el procedimiento final de manejo de residuos sólidos, se tomará en cuenta primeramente la proximidad de las empresas agroexportadoras al lugar donde se realizará el tratamiento final. Por otro lado, será una zona en extrema pobreza, según el INEI [25], en el “Reporte Regional de Indicadores sociales del departamento de Lambayeque” los distritos de Lambayeque que presentan estas 2 características son Morrope y Olmos con porcentajes de pobreza de 29,8% y 29,4% respectivamente.

#### Manejo de residuos peligrosos dentro de la empresa agroexportadora

Los residuos peligrosos generados en el proceso de cosecha de alimentos serán manejados de la siguiente manera dentro de las empresas agroexportadoras.

#### *Almacenamiento de recipientes de agroquímicos*

Los recipientes de agroquímicos luego de haber sido usados en la zona de siembra y cosecha son trasladados al área de almacenamiento, donde son depositados para luego realizar el lavado de estos.

#### *Técnica del triple lavado*

Los envases serán lavados 3 veces, este procedimiento consta de verter agua y agitar 30 segundos dentro del envase, con la finalidad de remover los residuos del producto que estén adheridos, de esta manera se realiza el procedimiento dos veces más [26].

A continuación, se muestra la efectividad del triple lavado en los recipientes agroquímicos:

Tabla 11. Porcentaje remanente al aplicar la técnica del triple lavado

Etapa del lavado	Residuo de plaguicida	Porcentaje remanente
Después de escurrir	14,2 g	100 %
Después del 1er lavado	0,2 g	1,4%
Después del 2do lavado	0,003 g	0,021%
Después del 3er lavado	0,00005 g	0,00035%

Fuente: Principios de Manejo de Plagas para el productor agrícola de Wisconsin

En la Tabla 10. se muestran las cantidades de los restos de plaguicidas que quedan en los envases, esto nos ayuda a tener en cuenta que el producto final del reciclado de los envases no puede ser utilizados en el consumo humano o motivos afines.

#### *Perforado*

Es la etapa donde los envases son perforados en la parte inferior con la finalidad de eliminar el agua.

### *Inspección final*

Los envases son inspeccionados para asegurarse que estén completamente lavados y perforados.

### Manejo de residuos peligrosos por parte de los pobladores

Los envases agroquímicos de las empresas serán entregados a los pobladores de la zona para realizar la disposición final de estos, por lo tanto, generar ingresos para el centro poblado. Para la disposición final de los residuos agroquímicos los pobladores de la zona realizan los siguientes pasos:

#### *Recolección de residuos agroquímicos*

La empresa tendrá que realizar la recolección de envases en las empresas agroexportadoras, esto se dará a través de los vehículos pertenecientes a la empresa formada por los pobladores.

#### *Centro de acopio primario*

Los recipientes de envases agroquímicos son almacenados en un espacio acondicionado con las características adecuadas de seguridad y señalización del área, es importante que esta área tenga un control permanente y supervisión sobre quienes, cuándo y cómo dejan los envases agroquímicos.

Por otro lado, los envases son separados de acuerdo a sus características teniendo en cuenta el tipo de material del envase; además de darse la segregación de tapas y envases para seguir con el procedimiento de reciclaje de envases.

#### *Compactado de residuos*

Los residuos de agroquímicos como envases plásticos grandes son compactados en bloques para darle forma de paquetes, cabe resaltar que los envases pueden ser vendidos de esta manera, por lo tanto, se da con la finalidad de mejorar la eficiencia del transporte e incrementar la capacidad de almacenamiento de producto terminado.

#### *Triturado de residuos*

Es la etapa del proceso utilizada para cortar los envases en pequeños trozos, se dice que la trituración es el paso necesario antes de que los envases puedan ser convertidos en un nuevo producto; este fundamento se da siempre y cuando el material con el que esté hecho el envase pueda ser separado en componentes puros. Los materiales que requieren este proceso son básicamente los plásticos [26]

#### *Empaquetado de material triturado*

Se considera un empaquetado en bolsas de 50 Kg aproximadamente, cabe resaltar que los materiales triturados se venden en fundas plásticas que cuentan con 3 capas: polietileno, polipropileno y polietileno nuevamente, esto para garantizar lo hermético. Finalmente, el producto será vendido en las instalaciones de la planta instalada, donde las empresas interesadas en el producto se acercarán a realizar la compra.

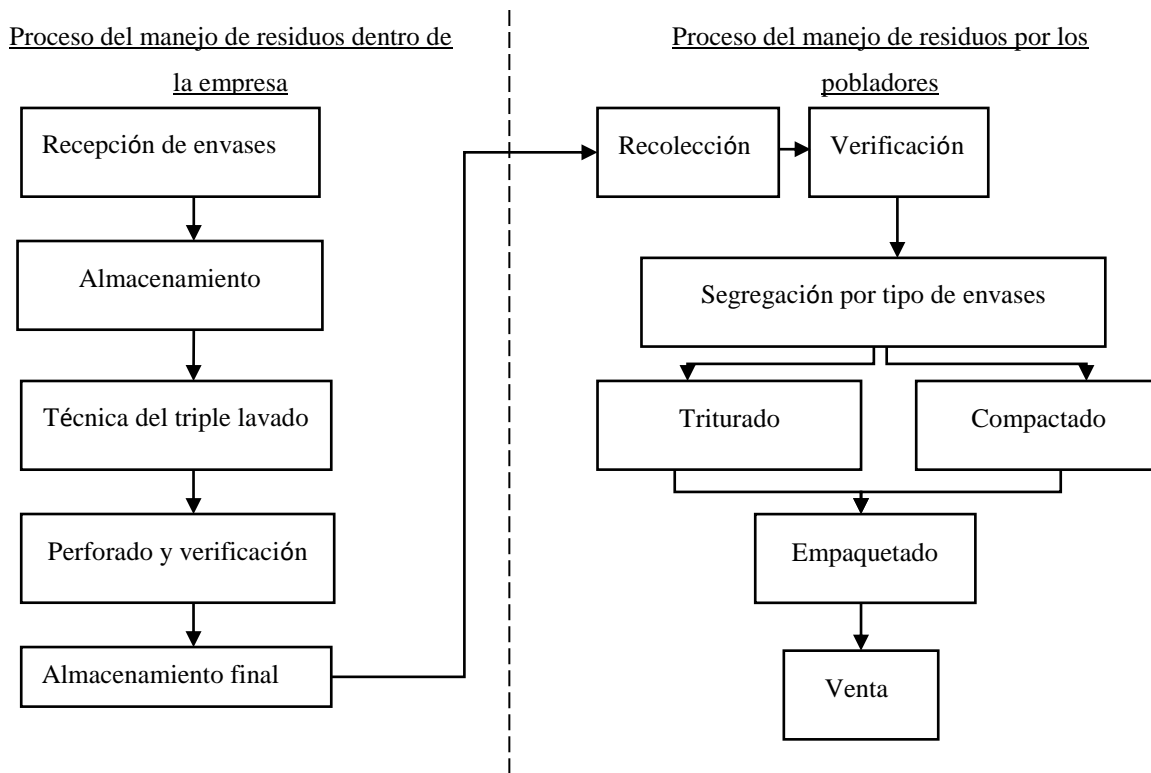


Figura 4. Diagrama de proceso para el manejo de residuos peligrosos

Fuente: Elaboración propia

### Aspectos generales

#### *Capacitación y concientización*

##### *Por parte de la empresa a la población*

Realizar capacitaciones para informar sobre el manejo adecuado de agroquímicos, enfatizando la técnica del Triple lavado y sus beneficios.

##### *Por parte de los proveedores de Fertilizantes*

Reutilizar y reciclar los envases de agroquímicos.

### Uso del producto: Reciclaje

El plástico triturado debe ser transformado en nuevos productos que tengan escaso contacto con las personas y así evitar que estos vuelvan a ser reciclados. Según la FAO en el “Código internacional de conducta sobre la distribución y utilización de plaguicidas”, en Canadá el reciclaje de envases de plaguicidas puede usarse para la fabricación de conductos eléctricos, fabricación de postes para bardas agrícolas, por lo contrario, en Brasil se fabrican sogas plásticas de alta densidad, conductos eléctricos y ladrillos de plástico para pavimentar. Finalmente, en Argentina se fabrica madera plástica a partir de plásticos mezclados [26].

En el Perú se encuentran empresas fabricantes de conductos eléctricos y sogas, tales como Elcope (fabricación y comercialización de conductos eléctricos) y Corporación Harold y Servicios generales (fabricación de sogas, plásticos, nylon, hilos, pabilos), las dos empresas ubicadas en Lima. Por otro lado, estos también pueden servir de insumo en la producción de

ladrillos plásticos los cuales, según la editora peruana “Andina” son fabricados por un emprendimiento denominado “EcoHogar” en la región Lambayeque, el cual elabora edificaciones a partir de los mismos siendo ecoamigable con el medio ambiente.

### Financiamiento

El financiamiento del proyecto es un plan voluntario que puede ser respaldado por las empresas agroexportadoras en coordinación con los proveedores de fertilizantes y plaguicidas, dado que sería una empresa sin fines de lucro sino buscando el beneficio del centro poblado, lo que quiere decir que es una inversión a futuro ya que la disposición final de residuos peligrosos provenientes de bioquímicos genera altos costos de operación para las empresas.

### **Discusión**

El promedio de residuos orgánicos generados por empresa en la región Lambayeque es 267, 808 t, entre ellos se encuentran frutas, restos de comida y restos de árboles; por el contrario, en las agroindustrias ubicadas en el Valle Sur de Medellín – Colombia, los residuos orgánicos son 394, 22 t/mes, en este caso son generados por 12 empresas agroindustriales, cabe resaltar que esta última zona genera menor cantidad de residuos a pesar de haber evaluado mayor número de empresas. Dadas las características que presentan sus residuos 4 de las empresas realizan su disposición final elaborando alimentos para cerdos y lombricultura, compostaje y concentrado para animales; de otro modo las 8 empresas restantes los transportan a un relleno sanitario, del mismo modo las empresas de la región Lambayeque tiene una similar disposición final para los residuos que tienen estas características, es decir parte de los residuos orgánicos son vendidos como alimento para animales de granja [16]. Por otro lado, la mayor parte de las empresas trabajan con el código de colores a excepción del vidrio que le han denominado el color verde. La norma técnica Peruana NTP 900.058 ha establecido una codificación para los residuos del ámbito no municipal, esto con la finalidad de identificar los distintos residuos generados y por lo tanto determinar cuál será su disposición final de acuerdo a las características que estos presenten. Por ejemplo, para los residuos orgánicos se le designó el color marrón, rojo para los residuos peligrosos, azul para el cartón, blanco para el papel y color plomo para el vidrio [27].

En la investigación realizada se evaluaron 6 empresas agroexportadoras de Lambayeque las cuales se encuentran ubicadas en la zona norte de la región, con la finalidad de georreferenciar los puntos donde se encuentran ubicados los residuos sólidos originados por las mismas; para ello se trabajó el mapeo por cada tipo de residuo generado; por otro lado en una investigación mexicana [18] realizaron un mapeo de residuos en dos de las regiones con mayor concentración de los residuos más comunes, allí detectaron las zonas de la industria agropecuaria para poder ubicar mediante puntos los residuos agroindustriales generados por cada una de ellas. Así mismo podemos notar que la diferencia entre estos dos mapeos es la extensión que abarca el segundo, sin embargo, ambos pretenden mostrar la localización de los residuos en el mapa de ubicación.

En la región Lambayeque se encuentran 16 empresas agroexportadoras registradas, las que generarían 4 284, 934 t de residuos orgánicos, en la propuesta estos serían usados como sustrato para la obtención de 28 794 708 m<sup>3</sup> de biogás/año, los cuales podrían ser usados para la generación de energía eléctrica o térmica ya sea en el sector industrial o centros urbanos. Por otro lado, en [23] un estudio realizado en Chile, la obtención de biogás a partir de residuos orgánicos agroindustriales genera una menor cantidad de biogás, es decir 4 096 020 m<sup>3</sup> de biogás/año, los cuales al igual que en el caso anterior serían usados para la generación de energía

eléctrica como térmica. En el caso de los residuos peligrosos en esta investigación se ha creído conveniente contar con dos momentos para el proceso del manejo de los envases agroquímicos, uno dentro de la empresa en el cual se realizan las etapas de almacenamiento, técnica del triple lavado, perforación e inspección; la segunda etapa se realiza fuera de la empresa y es realizada por los pobladores de la comunidad, los cuales continúan el proceso que consta de recolección, almacenamiento, inspección, trituración o compactación, empaçado y venta. Por el contrario, en [26] una investigación realizada en la ciudad de Manabí – Ecuador, la primera etapa es realizada por los campesinos de la zona quienes se encargan de las fases de acopio, técnica del triple lavado, perforado y compactado; para luego ser recogidos por una empresa operadora y lleven a cabo el proceso de reciclaje.

### **Conclusiones**

Las empresas agroindustriales evaluadas generan residuos clasificados de acuerdo a sus características, están compuestos por 94 % de residuos orgánicos, 5 % de residuos inorgánicos y 1% de residuos peligrosos que son básicamente los envases de agroquímicos. Así mismo los residuos provienen de las áreas de oficinas, riego y fertirriego, mantenimiento, cultivos, almacén de agroquímicos y comedor.

Se elaboró el mapeo geográfico por cada tipo de residuo agroindustrial a partir de la geolocalización de las coordenadas UTM utilizando el software Arcgis; teniendo en cuenta la clasificación y el color designado por la norma técnica peruana.

La propuesta de aprovechamiento de residuos incluye la obtención de biogás a partir de residuos orgánicos, los cuales generan un rendimiento anual de 28 794 708 m<sup>3</sup> de biogás, que puede ser vendido en forma de vapor o electricidad ya sea para utilización industrial o residencial. Así mismo el digestato producido podrá ser utilizado como biofertilizante para los cultivos de las zonas de sembrío. Por otro lado, al llevar a cabo el proyecto de la obtención de biogás podrá reducir 184 286 131, 2 Kg de CO<sub>2</sub> anualmente. En el caso de los residuos de envases de agroquímicos se propone realizar un proceso de trituración o compactación para lograr su reutilización, dicho proceso será realizado por pobladores del centro poblado de Olmos teniendo como finalidad ser un insumo para la fabricación de conductos eléctricos, fabricación de postes para bardas agrícolas, sogas plásticas, ladrillos plásticos y madera plástica.

### **Recomendaciones**

Realizar investigaciones de mapeo de residuos dirigido a las empresas agroindustriales en general sin tener en cuenta si son agroexportadoras o no, con el fin de ver que otras alternativas de aprovechamiento pueden surgir a partir de ello.

Realizar investigaciones de mapeo de efluentes agroindustriales, ya que en la región Lambayeque muchas de las empresas hacen uso del recurso hídrico en su proceso productivo, por lo tanto, se generan grandes cantidades de residuos líquidos que pueden ser estudiados para ser valorizados antes de su disposición final.

Evaluar otras propuestas de aprovechamiento de residuos, sin tener en cuenta un conjunto sino de manera individual ya que las empresas agroindustriales generan grandes cantidades de residuos orgánicos que debido a sus características son muy usados como insumos en otros procesos productivos.

## Referencias

- [1] Ministerio de la producción, «Anuario estadístico industrial, mipyme y comercio interno,» Lima, 2018.
- [2] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Producto Bruto Interno Trimestral,» Lima, 2020.
- [3] Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, «Reporte de comercio Lambayeque,» Lambayeque, 2018.
- [4] Banco Central de Reserva del Perú, «Caracterización del Departamento de Lambayeque,» Piura, 2018.
- [5] M. Vergara y J. Izquierdo, «H2OLMOS S.A. - Notas Garantizadas,» Lima, 2019.
- [6] Concesionaria Traspase Olmos, «Memoria anual 2018,» Lima, 2018.
- [7] Congreso de la República, «Decreto Legislativo N° 1278- Ley de Gestión Integral de Residuos sólidos,» Lima, 2016.
- [8] Ministerio de Salud - DIGESA, «Gestión de los residuos Peligrosos en el Perú,» Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú, Lima, 2006.
- [9] A. Gonzalez, «Desarrollo e implementación de una metodología para el levantamiento de un inventario de residuos agroindustriales en Bolívar, con miras a su aprovechamiento en procesos Biotecnológicos,» Cartagena, 2015.
- [10] Departamento de Medio Ambiente del Reino Unido, «El mapa de sus residuos,» IHOBE, Vasco, 2000.
- [11] Y. Aguas, A. Martinez, R. Olivero y L. Chams, «Residuos Agroindustriales,» *Revista colombiana de ciencia animal*, vol. IX, pp. 122-132, 2017.
- [12] Organización de los Estados Americanos, «Manual de tecnologías limpias en Pymes del sector de Residuos Sólidos,» Lima, 2006.
- [13] Remigio, P. Busato, A. Sopegno, L. Venudo y D. Rossi, «Biogas sostenible a pequeña escala a partir de residuos de la agroindustria para la autosuficiencia Energética,» 2014.
- [14] Servicios Nacionales de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, «Bonos de Carbono en ANP,» [En línea]. Available: <https://www.sernanp.gob.pe/bonos-de-carbono>. [Último acceso: 25 noviembre 2020].
- [15] F. Rojas, C. Flórez y L. Diego, «Prospectivas de aprovechamiento de algunos residuos agroindustriales,» *Scielo*, vol. XXXI, n° 1, 2019.
- [16] S. Yepes, L. Montoya y F. Orozco, «Valorización de residuos agroindustriales- Frutas en Medellín y el sur del valle del Aburrá, Colombia,» *Facultad Nacional Agraria Medellín*, vol. LXI, n° 1, 2014.
- [17] L. Peñaranda, S. Montenegro y A. Giraldo, «Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia,» *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, vol. 8, n° 2, pp. 141-150, 2017.
- [18] Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, «Bioenergía: Análisis regional del aprovechamiento integral de los residuos de la industria agropecuaria,» *Centro Mario Molina*, 2016.
- [19] J. Fernandez, J. Danna y M. Anselmo, «Boletín estadístico de las exportaciones de Lambayeque,» Lambayeque, 2018.

- [20] Ministerio del ambiente, «Listado de empresas operadoras de residuos sólidos autorizadas por el MINAM,» 8 septiembre 2020. [En línea]. Available: <http://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/274465-listado-de-empresas-operadoras-de-residuos-solidos-autorizadas-por-el-minam>.
- [21] Comisión para la Cooperación Ambiental, «Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte,» Montreal, 2017.
- [22] División Energías Renovables del Ministerio de Energía - Chile, «Guía de planificación para proyectos de biogás en Chile,» Santiago, 2012.
- [23] B. Grass, «Evaluación y Diseño para la implementación de una planta de biogás a partir de residuo orgánicos agroindustriales en la región Metropolitana,» 15 enero 2013. [En línea]. Available: [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/113095/cf-grass\\_bp.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/113095/cf-grass_bp.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- [24] Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura, «Manual de Biogás,» Santiago de Chile, 2011.
- [25] Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social, «Reporte regional de indicadores sociales del departamento de Lambayeque,» Lambayeque, 2020.
- [26] J. Bravo y B. Chavez, «Plan de Gestión Ambiental Integral para la recolección y reciclaje de envases agroquímicos zona rural Cantón Santa Ana Manabí,» 2017. [En línea]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/157800174.pdf>.
- [27] INACAL, «Código de colores para el almacenamiento de residuos sólidos,» Lima, 2019.
- [28] Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, «Lambayeque: Reporte de Comercio,» 2019.

## Anexos

Anexo N° 1: Hoja de registro de la información general de la empresa y sus residuos

### Ficha de Registro sobre el diagnóstico de la gestión de residuos sólidos agroindustriales en las empresas de Lambayeque

**Participantes:** jefe de área

**Objetivo:** Diagnosticar la situación actual de la gestión de residuos sólidos agroindustriales

**Instrucciones:** La información proporcionada será de manejo anónimo. Se agradece responda a las preguntas con veracidad.

#### Información de la empresa

Nombre de la empresa: \_\_\_\_\_

Ubicación: \_\_\_\_\_

1. Señale el rubro o actividad productiva de la empresa

- a) Agrícola
- b) Agroindustrial
- c) Mixta
- d) Otros.....

5. ¿La empresa tiene un registro interno sobre la generación y manejo de residuos sólidos?

SI... ( )

NO... ( )

2. ¿Qué cultivos actualmente tiene la empresa

2.1 Cultivo	2.2 Extensión (has)

6. ¿Realiza la declaración anual sobre minimización y gestión de residuos sólidos al Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos (SIGERSOL)?

SI... ( )

NO... ( )

#### SEGREGACIÓN

7. ¿Cuenta con un programa de segregación/separación de residuos?

SI... ( )

NO... ( )

3. Qué tipo de procesamiento realiza la empresa

3.1 Producto	3.2 Tipo de procesamiento 1) Packing; 2) Conservas; 3) Congelados 4) Jugos 5) Otros: .....

8. Utiliza la Norma técnica del código de colores para la separación de residuos

SI... ( )

NO... ( )

9. ¿Cuál es la clasificación de residuos que realiza la empresa? (Puede seleccionar más de 1 opción)

- a. Orgánicos
- b. Inorgánicos
- c. No Peligrosos
- d. Peligrosos
- e. Comunes
- f. Otros (especificar):.....

#### ALMACENAMIENTO

#### GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

4. ¿Conoce el decreto legislativo N° 1278 – Ley de gestión Integral de residuos sólidos?

SI... ( )

NO... ( )

10. ¿La empresa cuenta con área, instalaciones y/o contenedores para el acopio y almacenamiento adecuado de residuos sólidos

11. ¿La empresa dispone de un área administrativa encargada de la gestión de residuos?

SI... ( )

NO... ( )

12. Para el almacenamiento de residuos, ¿Considera el peso, volumen y características físicas, químicas o biológicas asegurando la seguridad, higiene y orden de estos mismos?

SI... ( )

NO... ( )

13. ¿En la empresa se generan residuos peligrosos?

SI... ( )

NO... ( )

14. ¿Cuenta con un almacén de residuos peligrosos?

SI... ( )

NO... ( )

15. Para la gestión de residuos peligrosos contrata una empresa operadora

SI... ( )

NO... ( )

16. ¿La empresa operadora cada cuánto tiempo realiza el recojo de residuos peligrosos?

- 1 mes
- 2 meses
- 3 meses
- 1 año
- Otros .....

## VALORIZACIÓN

17. ¿Realizan alguna alternativa de valorización de los residuos sólidos?

SI... ( )

NO... ( )

18. ¿Qué alternativa de valorización de los residuos sólidos realizan? (Puede seleccionar más de una alternativa)?

- Reciclaje
- Compostaje
- Reutilización
- Recuperación de aceites
- Bio-conversión,
- Coprociamiento
- Coincineración,
- Generación de energía en base a procesos de biodegradación.....

## DISPOSICIÓN FINAL

19. Para la disposición final de residuos no peligrosos (materia orgánica, inorgánica, latas, chatarra, vidrio, comunes)

- Contrata a una empresa operadora
- Botadero Municipal
- Relleno sanitario
- Venta a recicladores
- Otros (especificar):  
.....

20. Señale los residuos que se generan en la empresa, etapa del proceso y cantidad

Residuos	Genera la empresa		Etapa del proceso en que se genera los residuos (llenar la información)	Cantidad generada Kg/mes
	Si	No		
Frutas, verduras, residuos de comida	( )	( )		
Plástico	( )	( )		
Papel, cartón	( )	( )		
Madera	( )	( )		
Vidrio	( )	( )		
Envases de hojalata	( )	( )		
Chatarra e fierro y metales	( )	( )		
Envases de agroquímicos y fertilizantes	( )	( )		
Sanitarios	( )	( )		
Otros (especificar): _____	( )	( )		

## Anexo N° 2: Modelo de Formato de residuos de las empresas agroexportadoras

N°	Fecha	Generador o área de generación de Residuos	Tipo de residuo	Descripción	Cantidad mensual/quincenal

## Anexo N° 3: Registro de las cantidades de residuos agroindustriales por empresa

## Cantidad de residuos generados en la empresa 1

Residuo	Tipo de residuo	Unidad	Peso/mes
Frutas, restos de árboles, restos de comida, descarte de maleza	Residuos orgánicos	Kg	4720
Zuncho, plástico húmedo	Residuo inorgánico	Kg	37580
Madera de descarte (parihuela, basura e inservible)	Residuos orgánicos	Kg	20150
Cartón (cartones planos, cajas)	Residuo inorgánico	Kg	19260
Chatarra de hojalata y fierro	Residuo inorgánico	Kg	17320

Fuente: Empresa dedicada al rubro de producción y comercialización de conservas de chili verde, mango y gandul.

## Cantidad de residuos generados en la empresa 2

Residuo	Tipo de residuo	Unidad	Peso/mes
Cáscara húmeda de maracuyá	Residuo orgánico	Kg	1492870
Fruta de maracuyá en mal estado	Residuo orgánico	Kg	93340
Fruta de mango en mal estado	Residuo orgánico	Kg	5130

Fuente: Empresa dedicada al rubro de producción y comercialización de maracuyá y mango.

## Cantidad de residuos generados en la empresa 3

Residuo	Tipo de residuo	Unidad	Peso/mes
Frutas, restos de árboles, restos de comida, descarte de maleza	Residuos orgánicos	Kg	1330
Zuncho, plástico húmedo, vidrio	Residuo inorgánico	Kg	3
Madera de descarte (parihuela, basura e inservible)	Residuos orgánicos	Kg	80
Cartón (cartones planos, cajas)	Residuo inorgánico	Kg	45
Chatarra de hojalata y fierro	Residuo inorgánico	Kg	43
Plástico (bidones, burbupack)	Residuo inorgánico	Kg	973
Envases de agroquímicos	Residuo peligroso	Kg	1500

Fuente: Empresa dedicada al rubro de producción y comercialización de uva y palta

## Cantidad de residuos generados en la empresa 4

Residuo	Tipo de residuo	Unidad	Peso/mes
Envases de agroquímicos vacíos de plástico y cartón	Residuo peligroso	Kg	2898
Restos de comida, frutas, restos de árboles, papel, cartón y plástico	Residuo Común	Kg	3596.3

Fuente: Empresa dedicada al rubro de producción y comercialización de uva y palta

## Cantidad de residuos generados en la empresa 5

Tipo de residuo	Cantidad Kg/mes
Res. sólidos peligrosos	1207
Res. Sólidos comunes	2635

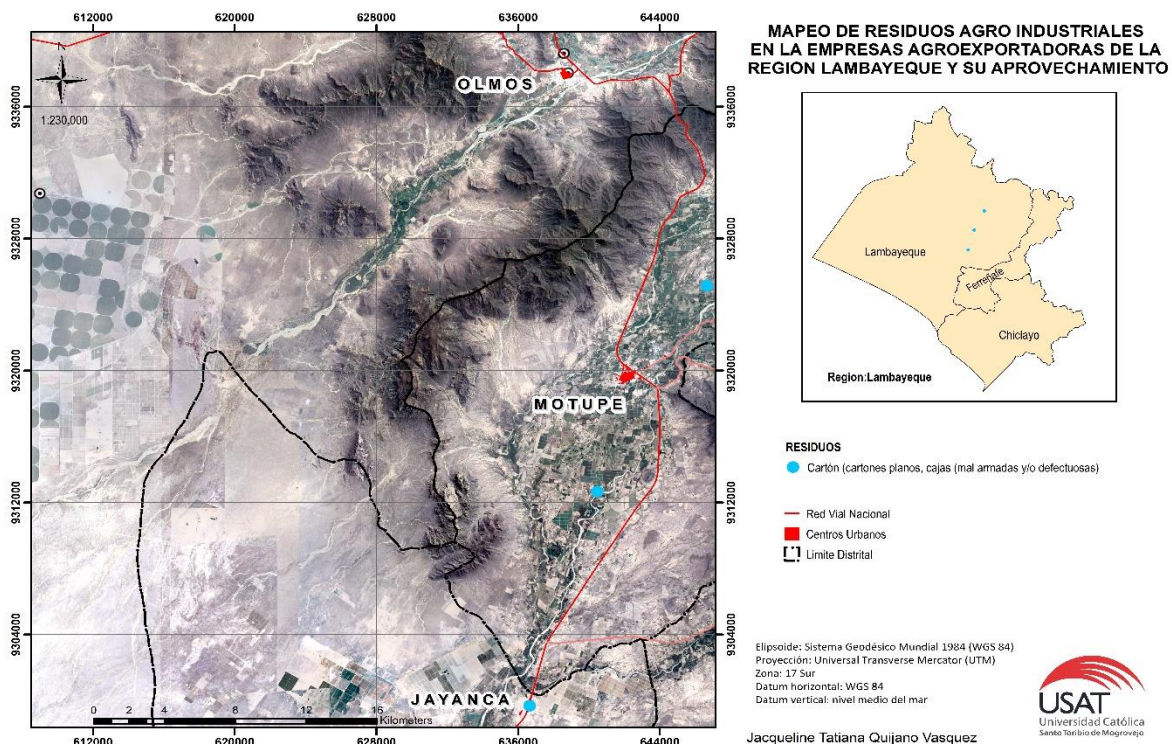
Fuente: Empresa dedicada al rubro de producción y comercialización de arándano y uva

## Cantidad de residuos generados en la empresa 6

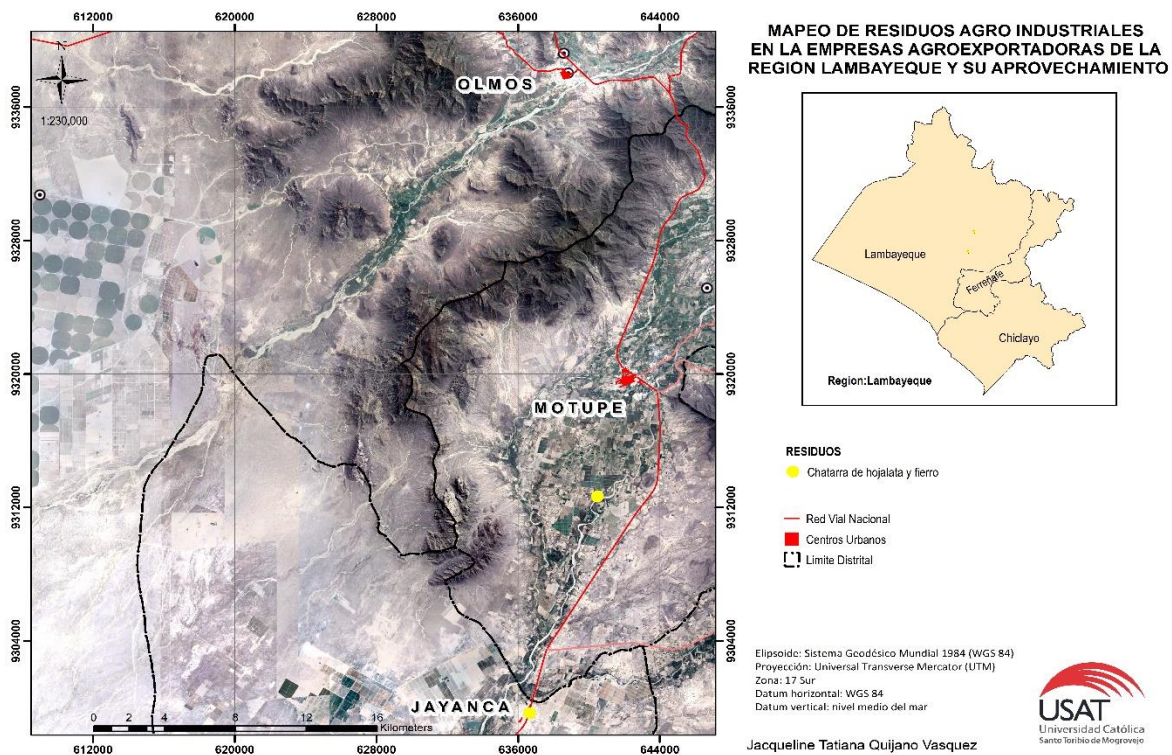
Residuo	Tipo de residuo	Unidad	Peso/mes
Frutas, restos de árboles, restos de comida, descarte de maleza	Residuos orgánicos	Kg	5864
Cartón (cajas mal armadas y/o defectuosas)	Residuos orgánicos	Kg	1660

Fuente: Empresa dedicada al rubro de producción y comercialización de mango y palta

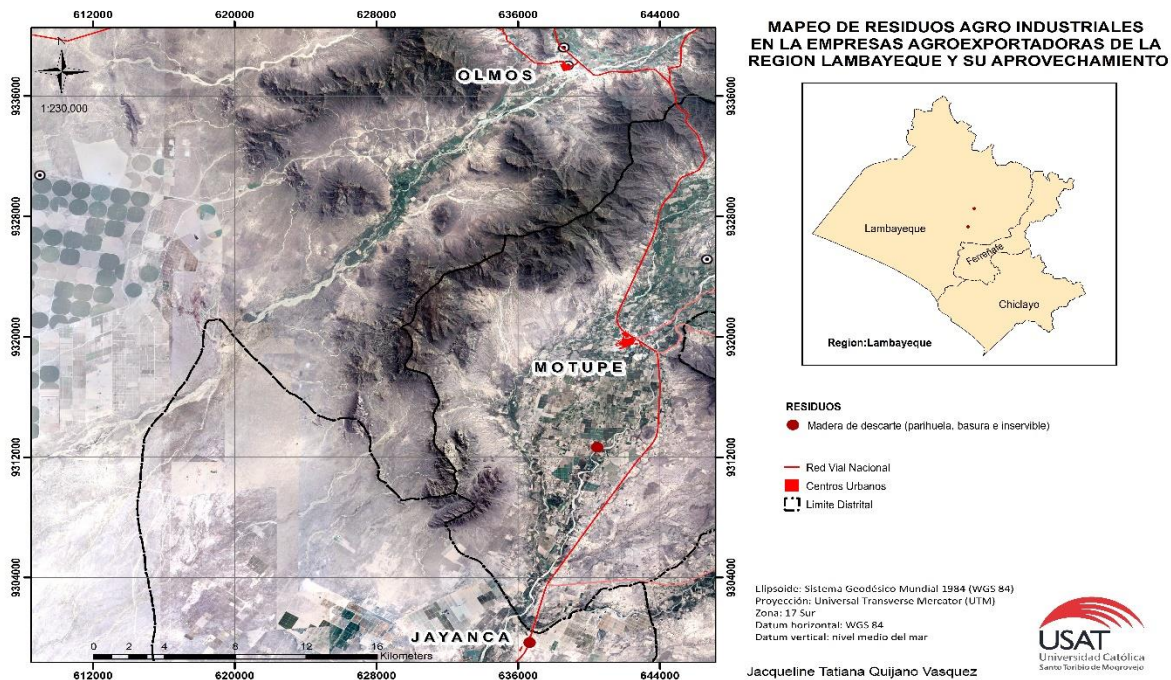
Anexo N° 4: Mapeo de residuos agroindustriales de las empresas agroexportadoras evaluadas



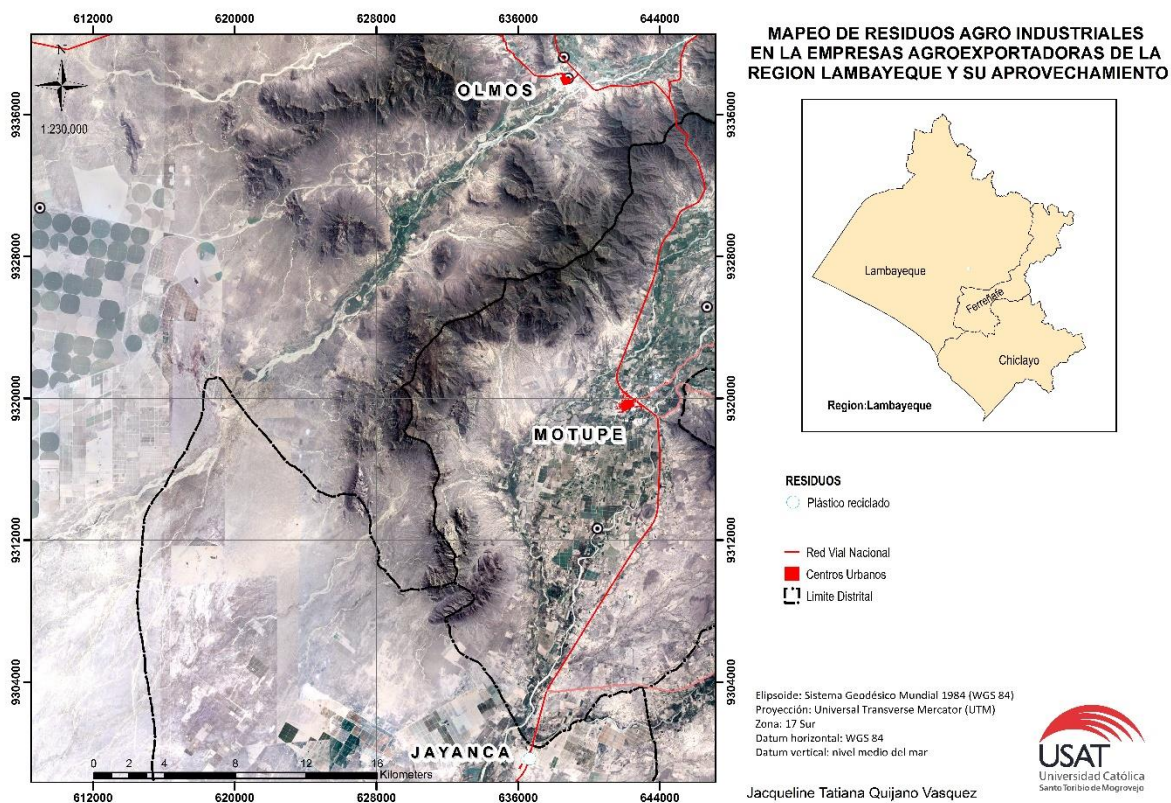
Mapa de los residuos de cartón de las empresas agroexportadoras evaluadas en la región Lambayeque



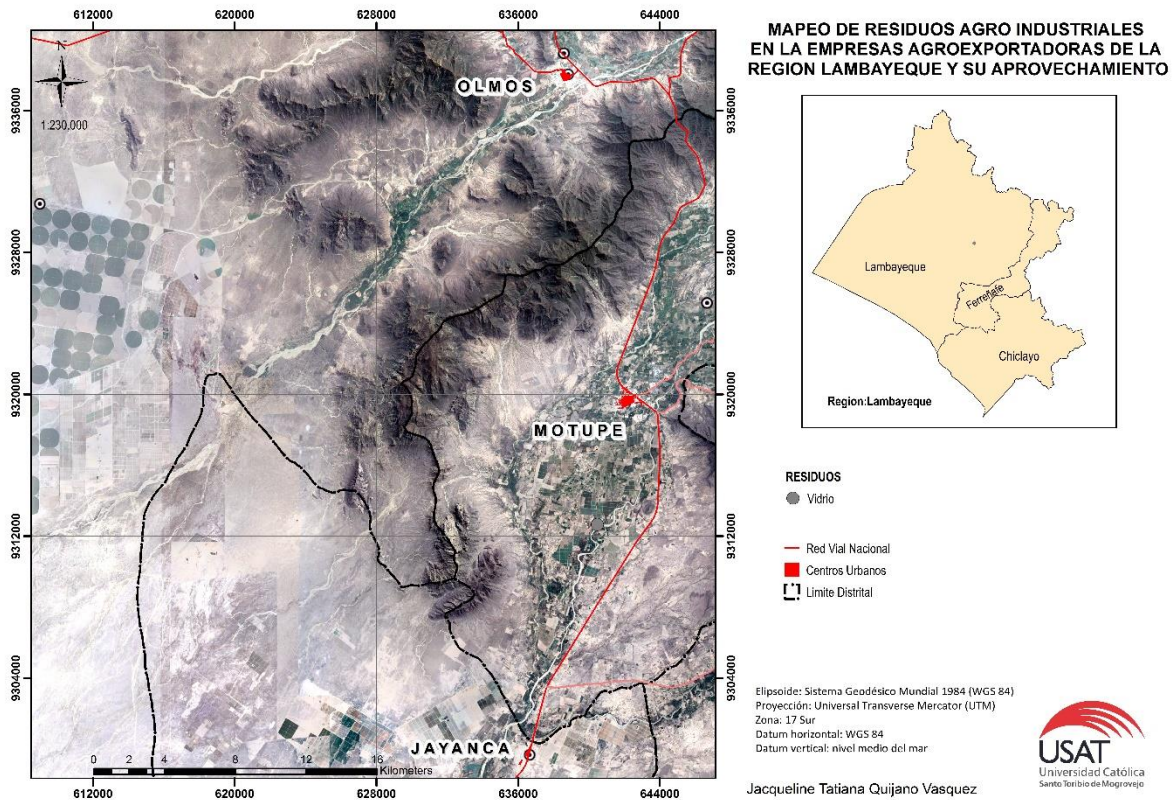
Mapa de los residuos de chatarra de las empresas agroexportadoras evaluadas en la región Lambayeque



Mapa de los residuos de madera de las empresas agroexportadoras evaluadas en la región Lambayeque



Mapa de los residuos de plástico reciclado de las empresas agroexportadoras evaluadas en la región Lambayeque



Mapa de los residuos de vidrio de las empresas agroexportadoras evaluadas en la región Lambayeque